

**KOA 01.088**  
20 juli 2001

**Omvang en preventie van  
vermeerdering van *Legionella* in  
koeltorens en luchtbehandelings-  
apparatuur**

**KOA 01.088**  
20 juli 2001

# **Omvang en preventie van vermeerdering van *Legionella* in koeltorens en luchtbehandelings- apparatuur**

© 2001 Kiwa N.V.  
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.  
De opdrachtnemers Kiwa en KWA verlenen aan de opdrachtgevers het recht op het veeelvoudigen en het openbaar maken van de onderzoeksgegevens en van het eindrapport of delen daarvan en het recht om deze voor eigen gebruik aan te wenden

**Opdrachtgever**

Directie Analyse en Onderzoek Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid

**Projectnummer**

30.4214.020

**Kiwa N.V.**  
Onderzoek en Advies  
Groninghaven 7  
Postbus 1072  
3430 BB Nieuwegein

Telefoon 030 60 69 511  
Fax 030 60 61 165  
Internet [www.kiwa.nl](http://www.kiwa.nl)

# Colofon

**Titel**

Omvang en preventie van vermeerdering van *Legionella* in koeltorens en luchtbehandelingsapparatuur

**Projectnummer**

30.4214.020

**Projectmanager**

Ir. F.I.H.M. Oesterholt

**Kwaliteitsborgers**

Ir. J. Burger en ing. J. van der Wissel (KWA)

Prof. Dr. Ir. D. van der Kooij (Kiwa)

**Auteurs**

(KWA)

Ir. P. L. Konings

Ing. P. Wouda

(Kiwa)

Ir. F.I.H.M. Oesterholt

Ing. H. Huiting

H. Veenendaal

# Samenvatting

## Samenvatting van het onderzoek “Omvang en preventie van vermeerdering van *Legionella* in koeltorens en luchtbehandelingsapparatuur” (juli 2001)

### Aanleiding en doel

In opdracht van de ministeries van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en Volksgezondheid, Welzijn en Sport heeft Kiwa in samenwerking met KWA bedrijfsadviseurs onderzoek verricht naar de omvang en preventie van vermeerdering van *Legionella* in koeltorens en luchtbehandelingsapparatuur.

Het onderzoek is gebaseerd op gegevens uit de literatuur, van het internet (referenten), op gegevens en informatie aangeleverd door producenten, chemicaliënleveranciers, industriële en niet-industriële gebruikers en op informatie van kennisdragers in de markt (respondenten).

Over welke gebouwgebonden installaties of koeltorens een risico inhouden en op welke wijze dat risico kan worden beperkt, was te weinig inzicht om specifiek beleid hiervoor te ontwikkelen. Het doel van dit onderzoek is het inventariseren van de kans op vermeerdering van de legionellabacterie in koeltorensystemen en luchtbehandelingsinstallaties en verspreiding door die systemen, alsmede het inventariseren van de mogelijkheden tot preventieve maatregelen.

De resultaten van het onderzoek zullen door de genoemde Ministeries in eerste instantie worden gebruikt voor het vaststellen van de noodzaak van beleid en vervolgens in voorliggende gevallen de basis vormen voor dat beleid.

### Historisch overzicht

Reeds in 1986 heeft de Gezondheidsraad gewezen op de legionellarisico's van met name de kleine koeltorens en verdampingscondensoren gezien de korte afstand van deze systemen ten opzichte van ventilatiesystemen en open ramen. Voor de luchtbevochtiging in luchtbehandelingsinstallaties heeft de Gezondheidsraad ingeschat dat de kans op groei van *Legionella* over het algemeen kleiner is dan in koeltorens door de lage temperatuur van het gebruikte water.

Onderzoek van het RIVM [v Kranen 1988] toonde aan dat ook in Nederland uit luchtbehandelingsinstallaties en koeltorens legionellabacteriën kunnen worden geïsoleerd. Voor zover bekend zijn deze systemen echter nog nooit geïdentificeerd als een besmettingsbron van legionellapneumonie. Voor Europa geven cijfers van de WHO over de jaren 1996 tot en met 1999 aan dat in 10% van de legionelloseclusters (outbreaks) een koeltoren kon worden aangewezen als infectiebron. Leidingwatersystemen blijken in 33 % van de gevallen de infectiebron en in 50% van de gevallen is de infectiebron onbekend.

Uit onderzoek van het RIZA [Berbee 1999] blijkt dat met name in koeltorens die zijn gekoppeld aan de klimaatbeheersing van gebouwen hoge concentraties *Legionella* aanwezig kunnen zijn. Het RIZA wijst hierbij op het verschil in beheer van dergelijke installatie ten opzichte van bijvoorbeeld industriële koeltorens.

### **Overzicht toegepaste systemen**

#### Luchtbevochtiging

Dit onderzoek richt zich alleen op luchtbehandelingsinstallaties met bevochtiging aangezien alleen bij de bevochtiging van lucht kans bestaat op blootstelling aan *Legionella* via emissie van aerosolen. Bij de behandeling van lucht kan ook luchtkoeling plaatsvinden. Het aan deze luchtkoeling gekoppelde koelsysteem met koeltoren is hier niet beschouwd als onderdeel van de luchtbehandelingsinstallatie maar als een koeltorensysteem (comfortkoeling) en wordt behandeld bij de koeltorensystemen.

Bij de bevochtiging van de lucht wordt gebruik gemaakt van drie typen bevochtigers:

- Waterbevochtigers zoals sproei-bevochtigers en besproeiings- of bevochtigingsbevochtigers waarbij de te behandelen lucht in contact wordt gebracht met fijn versproeide waterdruppels, al dan niet gebruikmakend van een verdamperlichaam. Bij deze systemen wordt het niet verdampte water opgevangen en gerecirculeerd.
- Verstuiwingsbevochtigers zoals de roterende schijvenverstuiver, de ultrasonoor verstuiver en de verstuivers waarbij gebruik wordt gemaakt van perslucht. Hierbij wordt het water zeer fijn verneveld met de intentie dat al het toegevoerde water wordt verdampt zodat geen water wordt opgevangen en gerecirculeerd.
- Stoombevochtigers waarbij droge stoom (> 100 °C) via een verspreidingsbuis wordt gedoseerd aan de te behandelen lucht.

#### Koeling

Koeltorens worden gebruikt voor het afvoeren van overtollige warmte. De warmte wordt via een open constructie afgevoerd naar de omgeving door verdamping van water aan een luchtstroom die via natuurlijke trek of gedwongen trek door de toren wordt geleid. Bij de toepassing van koeltorens is onderscheid gemaakt tussen industriële koeltorens (inclusief koeltorens bij elektriciteitscentrales) en gebouwgebonden koeltorens ten behoeve van de klimaatbeheersing (comfortkoeling). Voor beide typen koeltorens gelden in principe dezelfde beheersmaatregelen en onderhoudsrichtlijnen, maar de wijze waarop deze maatregelen in de praktijk worden geïmplementeerd en uitgevoerd maken het onderscheid toch relevant.

Naar functionaliteit is de volgende indeling van koeltorens gemaakt:

- Recirculerende open koeltorens met interne warmtewisselaar (met natuurlijke of gedwongen trek) waarbij het koelwater over een warmtewisselaar (condensor) wordt geleid die het koelwater scheidt van het te koelen medium.
- Recirculerende open koeltorens met vullichaam (met natuurlijke of gedwongen trek) waarbij het water na koeling in de koeltoren wordt hergebruikt voor de afvoer van warmte uit de aan het koelsysteem gekoppelde processen.
- Eenmalig doorstroomde systemen met koeltoren waarbij veelal vóór lozing van een koelwaterstroom via een eenmalige passage van de koeltoren het water wordt afgekoeld.
- Droge koeltorens met inwendige warmtewisselaar waarbij de warmteoverdracht direct plaatsvindt aan de lucht zonder gebruik van water als verdampend koelmedium (luchtkoeling).
- Hybride systemen die combinaties zijn van een natte en droge koeltoren en met name gebruikt worden ter vermindering van pluimvorming.

#### **Risicofactoren**

De risicofactoren voor vermeerdering van *Legionella* zijn:

- een watertemperatuur tussen 20 en 50 °C;
- stilstand van water;
- lange verblijftijden van het water;
- de aanwezigheid van biofilm en sediment.

Bij het vaststellen van de kans op een legionellabesmetting door inademen van aerosolen afkomstig uit koeltorens en luchtbevochtigingsinstallatie moet een onderscheid worden gemaakt tussen:

- de kans op groei van *Legionella* in het systeem;
- de kans op verspreiding van *Legionella* door het systeem.

Het is denkbaar dat in een systeem vermeerdering van *Legionella* optreedt tot hoge concentratieniveaus maar dat de kans op verspreiding van aerosolen met *Legionella* zo klein is dat blootstelling te verwaarlozen is. De mate van blootstelling die in een bepaalde situatie kan optreden is echter moeilijk te bepalen, en over het infectierisico in relatie tot de mate van blootstelling ontbreken gegevens. Voor dit onderzoek is dan ook als uitgangspunt gehanteerd dat de inspanningen om de kans op een besmetting vanuit koeltorens en luchtbevochtigingsinstallaties te beperken zich concentreren op het zoveel mogelijk verhinderen van de groei van *Legionella* en het beperken van de vorming van aerosolen in deze systemen.

#### **Risicoanalyse**

Uitgaande van de risicofactoren voor vermeerdering van *Legionella* geven luchtbehandelingsinstallaties met luchtbevochtiging op voorhand een kleinere kans op vermeerdering van *Legionella* dan koeltorens. Dit komt enerzijds door het

gebruik van drinkwaterkwaliteit voor de bevochtiging van lucht terwijl voor koelwater ook andere watertypes kunnen worden gebruikt die (ook na behandeling) aanleiding geven tot meer biofilm- en sedimentvorming. Anderzijds is de luchtbevochtiging gekoppeld aan de koudwatervoorziening zodat ten opzichte van koeltorens in algemene zin lagere temperaturen mogen worden verwacht. In het kader van de Tijdelijke regeling legionellapreventie in leidingwater [VROM 2000a] kan mogelijke opwarming van de koudwatervoeding naar de luchtbevochtiger via een risicoanalyse onder de aandacht komen. Hiervoor bestaat echter geen garantie aangezien lokale omstandigheden bepalen of er een risicoanalyse moet worden uitgevoerd en zo ja, hoe uitgebreid de risicoanalyse is.

Voor de verschillende luchtbevochtigingssystemen en koeltorensystemen is een risicoanalyse uitgevoerd uitgaande van basisontwerpgegevens en inzicht in de werking van de systemen, zonder dat rekening is gehouden met locatiespecifieke omstandigheden. De resultaten van de risicoanalyse zijn opgenomen in tabel 1 voor luchtbevochtigingsinstallaties en in tabel 2 voor koeltorensystemen.

#### Luchtbevochtiging

Sproei-bevochtigers en besproeiings- of bevoeiingsbevochtigers geven door recirculatie van het water in combinatie met mogelijke opwarming van het water een grotere kans op vermeerdering van *Legionella* dan verstuivings- en stoombevochtigers. Omdat bij verstuivings- en ultrasonoorbevochtigers de installatie telkens met vers drinkwater wordt gevoed (geen recirculatie) is de kans op groei in dit geval klein en wordt bepaald door de historie van het voedingswater (mogelijk opwarming in toevoerleiding).

Van de verschillende type bevochtigers is de kans op verspreiding van gevormde aërosolen bij de sproei-bevochtigers en de verstuivings- en ultrasonoorbevochtigers het grootst omdat in beide gevallen water wordt verneveld. Hierbij moet worden opgemerkt dat bij een goed ontwerp van de luchtbehandelingsinstallatie de gevormde aërosolen reeds in de luchtkanalen verdampt zullen zijn voordat de lucht aan de verblijfsruimte wordt toegevoerd.

Stoombevochtigers hebben vanwege de hoge temperatuur en het ontbreken van aërosolvorming vrijwel geen kans op vermeerdering en verspreiding van *Legionella*.

Tabel 1 Kwalificatie risico's luchtbevochtigingsinstallaties

systeem	kans op:	
	groei	verspreiding (aërosolen)
sproei-bevochtigers	groot	zeer groot

besproeiings- en bevoeiingsbevochtigers met verdamperlichaam	groot	matig
verstuiwings- en ultrasonoorbevochtigers	klein	zeer groot
stoombevochtigers	zeer klein	klein

### Koeling

Van de koeltorensystemen geven de open koeltorens met vullichamen of interne warmtewisselaars waarbij het koelwater wordt gerecirculeerd de grootste kans op blootstelling aan *Legionella* ('besmettingsrisico'). Het risico ontstaat door een combinatie van gunstige groeiomstandigheden voor *Legionella* op basis van temperatuur en verblijftijd van water en de grote kans op het ontstaan en verspreiden van aërosolen.

De kans op vorming en verspreiding van aërosolen is bij eenmalig doorstroomde koeltorensystemen vergelijkbaar, maar in dit geval blijft de kans op vermeerdering van *Legionella* beperkt tot periodes en plaatsen van stilstand omdat er alleen in dat geval sprake is van lange verblijftijd van het water in het systeem.

Luchtgekoelde koeltorens zijn inherent veilig.

Tabel 2 Kwalificatie risico's koeltorens

systeem	kans op:	
	groei	verspreiding (aërosolen)
recirculerende open koeltorens met vullichamen en recirculerende open koeltoren met interne warmtewisselaars (al of niet met geforceerde trek)	groot	zeer groot
eenmalig doorstroomde systemen met koeltoren	matig	zeer groot
luchtgekoelde koeltorens met interne warmtewisselaar	klein	klein

In de literatuur is een groot aantal beschrijvingen gevonden van legionellosebesmettingen die voortkomen uit koeltorens. Beschrijvingen van besmettingen die voortkomen uit de luchtbevochtiging als onderdeel van de luchtbehandelingsinstallatie zijn niet aangetroffen. Conclusie is dat in vrijwel alle casebeschrijvingen over koeltorens (16 van de 20) de besmetting afkomstig is uit een gebouwgebonden koeltoren die is gekoppeld aan de klimaatbeheersing van het gebouw. Het gaat hierbij vrijwel uitsluitend om open koeltorensystemen met



vullichamen of interne warmtewisselaar (verdampingscondensor) waarbij het koelwater wordt gerecirculeerd. Dit bevestigt het beeld van de risicoanalyse in tabel 2 en voegt daar aan toe dat in de praktijk met name bij de kleinschalige gebouwgebonden koeltorens de kans op blootstelling aan *Legionella* ('besmettingsrisico') het grootst is. Het grote besmettingsrisico ontstaat door de korte afstand tussen koeltoren en openstaande ramen, ventilatieopeningen en inlaten van het luchtbehandelingssysteem.

Slecht onderhoud en onvoldoende beheer aan deze installaties zijn volgens de literatuur en respondenten de voornaamste oorzaken voor de aanwezigheid van *Legionella* in het koelwatercircuit.

De volgende redenen zijn aangevoerd voor onvoldoende onderhoud en beheer aan gebouwgebonden koeltorensystemen:

- Het functioneren van een gebouwgebonden koeltoren als onderdeel van de klimaatbeheersing is in vergelijking met industriële koeltorens veelal minder kritisch.
- De verantwoordelijkheid voor het onderhoud en beheer van gebouwgebonden koeltorens is vaak onduidelijk omdat eigenaar en gebruiker (meestal) niet dezelfde zijn. Op dit moment is er geen wettelijke regeling die op dit punt duidelijkheid geeft.
- Het onderhoud aan de gebouwgebonden installatie is uitbesteed aan een onderhoudscontractor die door een lage bezoekfrequentie onvoldoende zicht heeft op de gang van zaken.

#### **Maatregelen ter preventie van groei en verspreiding van *Legionella***

Maatregelen ter preventie van groei of verspreiding van *Legionella* kunnen worden verdeeld in de volgende categorieën:

- systeemkeuze;
- ontwerprichtlijnen;
- beheersmaatregelen.

Zowel bij luchtbevochtiging als bij koeling wordt de systeemkeuze bepaald door een groot aantal factoren. Bij de keuze van een koelsysteem dient het BREF-document 'koeling' van de Europese Unie te worden gebruikt zodat een juiste afweging van factoren wordt gemaakt. In het BREF-document valt *Legionella* onder het aspect "emissies naar lucht" en is dus een van de vele aspecten waaraan getoetst moet worden.

Bij de systeemkeuze zijn stoombevochtiging bij de luchtbehandeling en luchtkoeling bij de koeltorens sec vanuit legionella-oogpunt de voorkeurkeuzes.

In tabellen 3 en 4 is een overzicht gegeven van de in dit onderzoek besproken richtlijnen en maatregelen gericht op preventie van groei en verspreiding van *Legionella* in luchtbevochtigingssystemen en koeltorensystemen. Hierbij is de relevantie voor het onderwerp in het kader van de legionellaproblematiek aangegeven:

- + beperkt relevant
- ++ relevant
- +++ zeer relevant

en de wijze van onderbouwing:

- A wetenschappelijk feit
- B expert judgement

Tabel 3 Overzicht van maatregelen ter preventie van groei en verspreiding van *Legionella* in luchtbevochtigingsinstallaties.

Type maatregel	Relevantie i.h.k.v. – legionella-vraagstuk	Onderbouwing	Opmerking	Hfdst.
<b>Systeemkeuze</b>	+++	A	Keuze van systeem is van veel meer factoren afhankelijk dan legionellavraagstuk alleen.	3 5.2 6.2.2
<b>Plaatsing<sup>1)</sup></b>				
Luchttoevoer	+++	A	Voor de plaats van de luchtinlaatroosters zijn geen richtlijnen bekend	6.2.3.1
Watertoevoer	+++	B	In het toegevoerde drinkwater mag geen <i>Legionella</i> aanwezig zijn	6.2.3.2
<b>Ontwerp<sup>2)</sup></b>				
Aanzuigen buitenlucht <sup>1)</sup>	+++	A	Stoffilters toepassen. De filters moeten droog blijven.	6.2.4.1
Materiaalkeuze	++	B	Gekozen dient te worden voor eenvoudig reinigbare materialen	6.2.4.2
Toegankelijkheid	++	B	Eenvoudig toegankelijk	6.2.4.2
Druppelvangers	+++	B	Druppelvangers zijn niet in staat alle aerosolen af te vangen	6.2.4.2
Waterdistributie	++	B	Geen dode hoeken	6.2.4.2
Automatische leegloop	+	B		6.2.4.2
Waterafvoer	+	B		6.2.4.2
Systeemontwerp	++	B	Geen dode hoeken	6.2.4.2
Stromingspatroon	++	B	Moet uniform zijn voor lucht en water	6.2.4.2
<b>Beheersmaatregelen<sup>2)</sup></b>				
Waterbehandeling suppletiewater	++	A	Type behandeling sterk afhankelijk van de waterkwaliteit	6.2.5.1
Waterbehandeling van recirculatiewater	+++	A	Keuze behandeling situatieafhankelijk. Directe en indirecte relaties met <i>Legionella</i>	6.2.5.1
Regelmatig onderhoud	+++	B	Vervangen beschadigde onderdelen	6.2.5.1
Schoonmaken	+++	A	Periodiek grondig reinigen; chemisch of mechanisch	6.2.5.1
Monitoring	++	B	Controle op aanwezigheid van <i>Legionella</i> . Controle effectiviteit beheersmaatregelen. Geen toetsingskader.	6.2.6
Administratie	+	B	Acties noteren in logboek	6.2.5.1

<sup>1)</sup> Geldig voor alle systemen

2) Geldig voor sproei- of besproeiings- en bevochtigings- of bevochtigingsbevochtigers (tenzij anders vermeld)

Tabel 4 Overzicht van maatregelen ter preventie van groei en verspreiding van Legionella in koeltorensystemen.

Type maatregel	Relevantie i.h.k.v. legionella-vraagstuk	Onderbouwing	Opmerking	Hfdst.
<b>Systeemkeuze</b>	+++	A	Aanpak volgens BREF-document koeling. Keuze van systeem is van veel meer factoren afhankelijk dan legionellavraagstuk alleen.	4.2 5.3 6.3.1
<b>Plaatsing</b> <sup>1)2)</sup>	+++	A	Mogelijkheid tot indeling in categorieën op basis van microbiologische risico volgens BREF-document	6.3.2
<b>Ontwerp</b> <sup>1)2)</sup>				
Materiaalkeuze	++	B	Gekozen dient te worden voor eenvoudig reinigbare materialen	6.3.3.1
Toegankelijkheid	++	B	Eenvoudig toegankelijk	6.3.3.1
Druppelvangers	+++	B	Druppelvangers zijn niet in staat alle aerosolen af te vangen.	6.3.3.1
Inlaatlouvres	+	B	Aerosolen mogen bij de luchtinlaat de installatie niet verlaten.	6.3.3.1
Inwendig leidingwerk	++	B	Geen dode hoeken	6.3.3.1
Stromingspatroon	++	B	Uniform voor lucht en water	6.3.3.1
Vulling	+	B		6.3.3.1
Waterafvoer	+	B		6.3.3.1
Systeemontwerp	+++	B	Geen dode hoeken	6.3.3.2
<b>Beheersmaatregelen</b> <sup>1)</sup>				
Waterbehandeling suppletiewater	+++	A	Behandeling sterk afhankelijk van situatie, reden veelal voorkomen van afzettingen; verkleinen van de spui.	6.3.4.1
Waterbehandeling suppletiewater <sup>2)</sup>	+++	B	Redenen: tegengaan micro- en macrobiologische fouling; tegengaan inname sediment en slib	6.3.4.2
Waterbehandeling recirculatiewater	+++	A	Redenen: voorkomen van afzettingen; voorkomen van (micro)biologische groei;	6.3.4.1
Regelmatig onderhoud	+++	B	Vervangen beschadigde onderdelen	6.3.5
Schoonmaken	+++	A	Periodiek grondig reinigen	6.3.5

Monitoring	++	B	Controle aanwezigheid van <i>Legionella</i> bij of na de risicoanalyse. Controle effectiviteit beheersmaatregelen. Geen toetsingskader	6.3.6
Administratie	++	B	Acties noteren in logboek	6.3.5/6

<sup>1)</sup>Geldig voor alle recirculerende koeltorensystemen tenzij anders vermeld

<sup>2)</sup> Geldig voor eenmalig doorstroomde systemen

### Conclusies en aanbevelingen

In de Nederlandse wetgeving zijn in de huidige situatie geen richtlijnen opgenomen die specifiek betrekking hebben op aanpak van de legionellaproblematiek in koeltorens of luchtbehandelingsinstallaties. De Arbowet, de Wet Milieubeheer en de Woningwet bieden mogelijke kapstokken voor nadere regeling van legionellapreventie bij koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties.

Richtlijnen voor onderhoud aan luchtbehandelingsinstallaties zijn vastgelegd in een handboek uitgegeven door de Vereniging van Nederlandse Installatiebedrijven [VNI 1996]. De onderhoudsrichtlijnen met betrekking op *Legionella* zijn gebaseerd op het concept voorlichtingsblad CV-13 van de Arbeidsinspectie. Beide documenten hebben geen wettelijke status.

Er is dus reden om preventieve maatregelen ten aanzien van *Legionella* in koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties landelijk te borgen.

De kans op groei in luchtbevochtigingssystemen is ten opzichte van koelsystemen kleiner om dat bij de bevochtiging in principe koud drinkwater wordt verneveld of versproeid. Van de luchtbevochtigingssystemen geven de sproei- en bevochtigingsbevochtigers de grootste kans op blootstelling aan *Legionella*.

Van de in dit onderzoek beschouwde koeltorensystemen geven de open koeltorens met vullichamen of interne warmtewisselaars de grootste kans op groei en verspreiding van *Legionella* en dus de grootste kans op blootstelling aan de bacterie. In de praktijk blijken met name gebouwgebonden koeltorens voor comfortkoeling vaak de oorzaak van legionellose-uitbraken.

Bij de legionellapreventie in bestaande koeltorensystemen en luchtbehandelingsinstallaties staan goed beheer en onderhoud voorop. In de literatuur zijn veel beheersmaatregelen bekend om zowel de groei van *Legionella* als de vorming en verspreiding van aerosolen te voorkomen.

Bij nieuwe systemen kan bij de systeemkeuze bewust worden gekozen voor een legionellaveilig systeem (luchtcooling respectievelijk stoombevochtiging). In de praktijk zijn echter vaak andere ontwerpcriteria doorslaggevend. Er zijn echter veel ontwerprichtlijnen te hanteren waarvan een preventieve werking uitgaat.

De kosten die specifiek voor legionellapreventie dienen te worden gemaakt, zullen beperkt blijven omdat toepassen van de relevante ontwerprijlijnen en beheersmaatregelen als standaard moet worden beschouwd.

Op basis van het uitgevoerde onderzoek wordt aanbevolen:

- voor luchtbehandelingsinstallaties en koeltorensystemen een verschillende beleidsaanpak te hanteren;
- voor luchtbevochtiging als onderdeel van de luchtbehandeling de eis dat *Legionella* in het voor de bevochtiging gebruikte water niet aantoonbaar is als uitgangspunt te nemen;
- voor comfortkoeling en industriële koeltorensystemen een verschillende beleidsaanpak te hanteren en hierbij prioriteit te geven aan gebouwgebonden koeltorens (comfortkoeling);
- rekening te houden met het BREF-document 'koeling' van de Europese Unie bij het opstellen van beleid voor koeltorensystemen;
- bij het opstellen van beleid rekening te houden met de mogelijke milieu-impact van beheersmaatregelen in de vorm van chemicaliëndoseringen en het feit dat daaraan eisen worden gesteld door de waterkwaliteitsbeheerder;
- voor de Nederlandse situatie een eenduidig protocol op te stellen voor het reinigen van koeltorensystemen;
- nader onderzoek te doen naar de achtergrond van toetsingscriteria voor *Legionella* in koelwater zoals die in het buitenland worden gehanteerd en de bescherming die ze bieden tegen blootstelling aan *Legionella* uit koeltorensystemen;
- de mate van verspreiding van *Legionella* via aërosolen door koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties nader te onderzoeken om op die manier meer inzicht te krijgen in de werkelijke kans op verspreiding van *Legionella* via aërosolen en de mogelijkheden om die verspreidingskans te minimaliseren;
- onderzoek te doen naar het zo effectief mogelijk inzetten van biociden bij de bestrijding van *Legionella* in koelwater en in de biofilm van koeltorensystemen, dat wil zeggen een maximaal effect bij een zo gering mogelijk verbruik (minimalisatie milieubezwaren). Hierbij zou gebruik moeten worden gemaakt van gestandaardiseerde testmethoden, waarmee de effecten van een biocide onder geconditioneerde omstandigheden kunnen worden bepaald.

# Summary

## **Summary of the the study “Extent and prevention of the propagation of *Legionella* in cooling towers and air-conditioning equipment” (july 2001).**

### **Purpose and goal**

Commissioned by the Ministry of Social Affairs and Employment, the Ministry of Housing Spatial Planning and the Environment, and the Ministry of Health, Welfare and Sport, Kiwa conducted a study in cooperation with KWA business consultants of the extent and prevention of the propagation of *Legionella* in cooling towers and air-conditioning equipment.

The study was based on data from the literature, the Internet (specialists), data and information supplied by producers, chemical suppliers, industrial and non-industrial users, and on information from people with knowledge about the subject in the market (respondents).

A lack of available information on the risks that particular building-related equipment or cooling towers involve meant that it was not possible to develop a specific policy. The goal of the study is to survey the likelihood of legionella bacteria propagating in cooling-tower systems and air-conditioning equipment, and of the bacteria spreading through those systems, as well as to survey the possibilities for taking preventive measures.

The aforementioned Ministries will first use the results of the study to determine the need for policy in this area and then as a basis for working out policy for the cases concerned.

### **Historical overview**

In 1986, the Health Council of the Netherlands first pointed out the legionella risks especially in small cooling towers and vapour condensers, considering the short distance from these systems to the air inlets of ventilation equipment and open windows. The Health Council estimated the humidification as part of air-treatment systems generally posed a lower risk of legionella growth than that presented by cooling towers, owing to the low temperature of the water that is used.

Research conducted by the National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM) [v Kranen 1988] showed that legionella bacteria could also be isolated from air-treatment systems and cooling towers in the Netherlands. However, as far as is known, these systems have never been identified as a source of infection of legionnaires' disease. WHO figures for Europe for the years 1996 to 1999, inclusive, show that in 10% legionnaires' disease outbreaks the source of infection could be traced to a cooling tower. Hot or cold water systems were found to be the source of the infection in 33% of cases and the source of infection was unknown in 50% of cases.

Research by the Institute for Inland Water Management and Wastewater Treatment (RIZA) [Berbee 1999] showed in particular that cooling towers linked to the climate control of buildings potentially contain large concentrations of *Legionella*. RIZA points out the difference in the way equipment of this kind is managed vis-à-vis industrial cooling towers, for example.

### **Overview of systems used**

#### Air humidification systems

This study is only concerned with air-treatment systems that incorporate humidification, as it is only with humidification that there is a likelihood of the air being exposed to *Legionella* through the emission of aerosols. Air treatment may also involve cooling the air. A cooling system with a cooling tower that is coupled to this air-cooling system is not seen here as part of the air-treatment system but as a cooling-tower system (comfort cooling) and is dealt with under cooling-tower systems.

Three types of humidifiers are used for humidification:

- Water humidifiers, such as spray humidifiers and sprinkler or watering humidifiers, in which the air being treated is brought into contact with finely sprayed water droplets, and which may be used with an evaporation unit. In these systems, unevaporated water is collected and recirculated.
- Atomising humidifiers, such as the rotating-disk atomiser, the ultrasonic atomiser and atomisers that use compressed air. In these systems the water is very finely atomised with the intention of vaporising all the water that enters, so that no water is collected and recirculated.
- Steam humidifiers in which dry steam (> 100 °C) is added through a distribution tube to the air that is being treated.

#### Cooling

Cooling towers are used for removing surplus heat. The heat is removed through an open construction into the surrounding environment by evaporating the water in the airflow that is fed through the tower with either a natural or forced draught. A distinction is made between the use of industrial cooling towers (including cooling towers at power generating plants) and building-related cooling towers used for climate control (comfort cooling). In principle, the same types of management measures and maintenance guidelines apply to both types of cooling towers, however, the way in which the measures are implemented and put into effect in practice make the difference between them relevant.

Cooling towers have been categorised as follows on the basis of functionality:



- Recirculating open cooling towers with an internal heat-exchanger (with natural or forced draught) where the cooling water is passed over a heat-exchanger (condenser), which separates the cooling water from the medium being cooled.
- Recirculating open cooling towers (with natural or forced draught) with a filling unit, in which, after cooling in the cooling tower, the water is reused for the removal of heat from the processes that are coupled to the cooling system.
- Non-return flow, single passage systems with cooling tower, in which the water from a cooling system is cooled before discharging the stream to the environment.
- Dry cooling towers with an internal heat-exchanger, in which the heat is exchanged directly into the air, without using water as an evaporation cooling medium (air cooling).
- Hybrid systems, which combine a wet and dry cooling tower and are mainly used for reducing plume formation.

#### **Risk factors**

The risk factors for propagating *Legionella* are:

- a water temperature of between 20 and 50 °C;
- stagnant water;
- long water residence times;
- the presence of biofilm and sediment.

When determining the likelihood of legionella infection through breathing in aerosols from cooling towers and humidification equipment, it is necessary to differentiate between:

- the likelihood of *Legionella* being present in the system;
- the likelihood of *Legionella* spreading through the system.

It is conceivable that high concentrations of *Legionella* could grow in a system but that the likelihood of aerosols that contain *Legionella* spreading is so small as to be negligible. However, it is difficult to determine the degree of exposure that can occur in a given situation, and no data are available on the risk of infection in relation to the level of exposure. The standpoint was therefore taken for this study that the efforts to limit the likelihood of infection from cooling towers and humidification equipment should concentrate as far as possible on preventing the growth of *Legionella* and on limiting the formation of aerosols in these systems.

#### **Risk assessment**

Taking the risk factors for legionella propagation as the starting point, there is less likelihood of legionella propagation in air-treatment systems that use humidification than there is in cooling towers. On the one hand, this is because water of drinking water quality is used for humidifying air, whereas other types of water may be used

as cooling water, which (also after treatment) can lead to the formation of more biofilm and sediment. On the other hand, humidification is coupled to the cold water supply, so lower temperatures can generally be expected, in comparison with cooling towers. Within the scope of the Provisional Rules of Legionella Prevention in Hot and Cold Tap water [Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment 2000a], a risk assessment may examine the possibility of the cold water supply to the air humidifier heating up. However, this provides no guarantees, as local conditions determine whether a risk assessment is required and, if so, how extensive it has to be.

A risk assessment was made for various humidification systems and cooling-tower systems, taking the basic design data and information about their operation as the starting point, without taking into account site-specific conditions. The results of the risk assessment are shown in table 1 for humidification equipment and in table 2 for cooling-tower systems.

#### Humidification

Owing to the recirculation of the water combined with the possibility of it heating up, spray humidifiers and sprinkler or watering humidifiers present a greater likelihood of legionella propagation than that presented by atomisation and steam humidifiers. Because atomisation and ultrasonic humidifiers always use fresh drinking water (no recirculation), the likelihood of growth is small and is determined by the history of the supply water (possibility of heating in the supply line).

Of the various types of humidifiers, spray humidifiers and atomisation and ultrasonic humidifiers present the greatest likelihood of the spread of the aerosols that are formed, because the water is atomised in these cases. It should be pointed out here that in properly designed air-treatment systems the aerosols that are formed will be evaporated in the air ducts, before the air is fed to the accommodation room. There is practically no likelihood of *Legionella* being propagated and spread in steam humidifiers, because of the high temperatures and the fact that no aerosols are formed.

*Table 1 Qualification of the risks of humidification equipment*

<b>system</b>	<b>likelihood of:</b>	
	<b>growth</b>	<b>spreading (aerosols)</b>
spray humidifiers	high	very high
sprinkler or watering humidifiers with an evaporation unit	high	moderate
atomisation and ultrasonic humidifiers	low	very high

steam humidifiers	very low	low
-------------------	----------	-----

### Cooling

In the case of cooling-tower systems, open cooling towers with filling units or internal heat-exchangers in which the cooling water is recirculated present the highest likelihood of exposure to *Legionella* ('infection risk'). The risk arises because of a combination of favourable growth conditions for *Legionella*, on the basis of temperature, the water's residence time and the greater likelihood of aerosols occurring and being spread.

The likelihood of aerosols forming and being spread in non-return cooling-tower systems is comparable. However, in this case, the likelihood of legionella propagation is limited to the periods and locations in which stagnation can occur, because the water only has a long residence time in the system under such conditions.

Air-cooled cooling towers are inherently safe.

Table 2 *Qualification of the risks of cooling towers*

system	likelihood of:	
	growth	spreading (aerosols)
recirculating open cooling towers with filling units and recirculating open cooling tower with internal heat-exchangers (either with or without forced draught)	high	very high
non-return flow systems with cooling tower	moderate	very high
air-cooled cooling towers with internal heat-exchanger	low	low

Many descriptions were found in the literature of legionnaires' disease infections that originated in cooling towers. No descriptions were found of infections that were caused by humidification as part of air-treatment systems. The conclusion is that in practically all the cases described that concerned cooling towers (16 of 20), the contamination originated in a building-related cooling tower that was coupled to the building's climate-control system. These were almost exclusively open cooling-tower systems with filling units or an internal heat-exchanger (vapour condenser), in which the cooling water was recirculated. This confirms the picture presented by the risk assessment in table 2, and also demonstrates that in practice it is particularly small-scale building-related cooling towers that present the greatest likelihood of exposure to *Legionella* ('infection risk'). The short distance between the cooling

tower and open windows, ventilation openings and inlets for air-treatment systems causes the high risk of infection.

According to the literature and respondents, the main reasons for *Legionella* being present in the cooling-water circuit are poor maintenance and inadequate management of the plant and equipment.

The following reasons are given for inadequate maintenance and management of building-related cooling-tower systems:

- The performance of a building-related cooling tower as part of the climate-control system is less critical than it is in industrial cooling towers.
- The responsibility for maintenance and management of building-related cooling towers is often unclear because the owner and user are frequently not the same person. There is currently no legislation to clarify this point.
- The maintenance of the building-related plant and equipment is subcontracted to a maintenance contractor who does not have an adequate picture of the state of affairs, owing to the low frequency of visits.

#### **Measures for preventing the growth and spread of *Legionella***

Measures for preventing the growth or spread of *Legionella* can be divided into the following categories:

- system choice;
- design guidelines;
- management measures.

Many factors determine the choice of system used for both humidification and cooling. To ensure that the right factors are taken into account, the European Union's BREF document on 'cooling' should be used when choosing a cooling system. In the BREF document, *Legionella* comes under the aspect "emissions into the air" and is therefore one of many aspects that have to be tested.

Looked at solely from the *Legionella* point of view, the preferred system choices are steam humidification for air treatment and air cooling for cooling towers.

Tables 3 and 4 provide an overview of the guidelines and measures discussed that are concerned with preventing the growth and spread of *Legionella* in humidification systems and cooling-tower systems. The relevance for the design within the scope of the legionella problem is also shown:

- + limited relevance
- ++ relevant
- +++ very relevant

and the method of substantiation:

- A scientific fact
- B expert judgement

Table 3 Overview of measures for preventing the growth and spread of *Legionella* in humidification equipment.

Type of measure	Relevance within scope of legionella problem	Substantiation	Comment	Chapter
<b>System choice</b>	+++	A	The choice of system depends on many more factors than just the legionella problem.	3 5.2 6.2.2
<b>Position<sup>1)</sup></b>				
Air supply	+++	A	There are no known guidelines on the position of air inlet grills	6.2.3.1
Water supply	+++	B	There must be no <i>Legionella</i> in the drinking water supply line	6.2.3.2
<b>Design<sup>2)</sup></b>				
Outside air sucked in <sup>1)</sup>	+++	A	Use dust filters. The filters must remain dry.	6.2.4.1
Choice of materials	++	B	Materials that can be easily cleaned should be chosen	6.2.4.2
Accessibility	++	B	Easy access	6.2.4.2
Demisters	+++	B	Drip collectors are not capable of collecting all aerosols	6.2.4.2
Water distribution	++	B	No dead corners	6.2.4.2
Automatic emptying	+	B		6.2.4.2
Water discharge	+	B		6.2.4.2
System design	++	B	No dead corners	6.2.4.2
Flow pattern	++	B	Must be uniform for air and water	6.2.4.2
<b>Management measures<sup>2)</sup></b>				
Water treatment of suppletion water	++	A	Type of treatment depends very much of water quality	6.2.5.1
Water treatment of recirculation water	+++	A	Choice of treatment depends on situation. Direct and indirect relationships to <i>Legionella</i>	6.2.5.1
Regular maintenance	+++	B	Replace damaged parts	6.2.5.1
Cleaning	+++	A	Thoroughly clean regularly, either chemically or mechanically	6.2.5.1
Monitoring	++	B	Check for the presence of <i>Legionella</i> . Check the effectiveness of management measures. No testing framework.	6.2.6
Administration	+	B	Note actions in logbook	6.2.5.1

<sup>2)</sup> Valid for all systems

2) Valid for spray humidifiers and sprinkler or watering humidifiers (unless stated otherwise)

Table 4 Overview of measures for preventing the growth and spread of *Legionella* in cooling-tower systems.

Type of measure	Relevance within scope of legionella problem	Substantiation	Comment	Chapter
<b>System choice</b>	+++	A	Approach according to BREF document on cooling. The choice of system depends on many more factors than just the legionella problem.	4.2 5.3 6.3.1
<b>Position</b> <sup>1)2)</sup>	+++	A	Possibility of dividing into categories on the basis of microbiological risk according to the BREF document	6.3.2
<b>Design</b> <sup>1)2)</sup>				
Choice of materials	++	B	Materials that can be easily cleaned should be chosen	6.3.3.1
Accessibility	++	B	Easy access	6.3.3.1
Demisters	+++	B	Drip collectors are not capable of collecting all aerosols.	6.3.3.1
Inlet louvres	+	B	Aerosols must not leave the equipment from the air inlet.	6.3.3.1
Internal pipework	++	B	No dead corners	6.3.3.1
Flow pattern	++	B	Uniform for air and water	6.3.3.1
Filling	+	B		6.3.3.1
Water discharge	+	B		6.3.3.1
System design	+++	B	No dead corners	6.3.3.2
<b>Management measures</b> <sup>1)</sup>				
Water treatment of suppletion water	+++	A	Treatment choice depends very much on the situation, the reason for treatment being the prevention of deposits; decreasing the drainage.	6.3.4.1
Water treatment of suppletion water <sup>2)</sup>	+++	B	Reasons: to counteract micro- and macro-biological fouling; to counteract intake of sediment and sludge	6.3.4.2
Water treatment of recirculation water	+++	A	Reasons: to prevent deposits; to prevent (micro-)biological growth;	6.3.4.1
Regular maintenance	+++	B	Replace damaged parts	6.3.5
Cleaning	+++	A	Thoroughly clean regularly	6.3.5

Monitoring	++	B	Check for the presence of <i>Legionella</i> during or after the risk assessment. Check the effectiveness of management measures. No testing framework	6.3.6
Administration	++	B	Note actions in logbook	6.3.5/6

<sup>1)</sup>Valid for all recirculating cooling-tower systems unless stated otherwise

<sup>2)</sup> Valid for non-return flow systems

### Conclusions and recommendations

Current legislation in the Netherlands does not contain any guidelines that are specifically concerned with tackling the legionella problem in cooling towers or air-treatment systems. The Working Conditions Act, the Environmental Management Act and the Housing Act offer possible stepping stones for further regulations on legionella prevention in cooling towers and air-treatment systems.

Guidelines for maintaining air-treatment systems have been laid down in a manual published by the Association of Dutch Installation Companies [Vereniging van Nederlandse Installatiebedrijven: VNI 1996]. The maintenance guidelines concerning *Legionella* are based on the draft information sheet CV-13 of the Netherlands Health & Safety Inspectorate. Neither document has any legal status.

There is therefore a reason for ensuring national preventive measures on *Legionella* in cooling towers and air-treatment systems.

There is less likelihood of growth in humidification systems than in cooling systems because cold drinking water is generally atomised or sprayed in the humidification process. In humidification systems, the greatest likelihood of exposure to *Legionella* comes from the spray and watering humidifiers.

Of the cooling-tower systems considered in this study, the open cooling towers with filling units or internal heat-exchangers present the greatest likelihood of the growth and spread of *Legionella* and therefore the greatest likelihood of exposure to the bacteria. In practice, building-related cooling towers for comfort cooling are often the cause of legionella disease outbreaks.

Management and maintenance are the most important aspects of legionella prevention in existing cooling-tower systems and air-treatment systems. Many management measures are mentioned in the literature for preventing both the growth of *Legionella* as well as the formation and spreading of aerosols.

In the case of new systems, a conscious decision can be taken to choose a legionella-safe system (air cooling or steam humidification). However, other design criteria are often the deciding factor in practice. Nevertheless, many design guidelines can be used that result in a preventive effect.



The costs that have to be incurred specifically for legionella prevention will be low because adopting the relevant design guidelines and management measures should be considered as standard.

The following recommendations are based on the study that has been conducted:

- take a different approach to the policy on air-treatment systems from that taken on cooling-tower systems;
- when humidification forms part of the air treatment, take as the starting point that *Legionella* must not occur in the water used for humidification;
- take a different approach to the policy on the cooling-tower systems that are used for comfort cooling from that taken on those that are used for industrial purposes and give priority to building-related cooling towers (comfort cooling);
- when drafting the policy on cooling-tower systems, take into account the European Union's BREF document on 'cooling';
- when drafting the policy, take into account the possible environmental impact of management measures in the form of chemical additives and the fact that requirements are set by the water quality authority;
- for the situation in the Netherlands, draft an unambiguous protocol for cleaning cooling-tower systems;
- conduct a more detailed examination of the background to the criteria that apply in other countries for testing for *Legionella* in cooling water and investigate the protection they offer against exposure to *Legionella* from cooling-tower systems;
- conduct further research into the degree to which *Legionella* spread via aerosols through cooling towers and air-treatment systems, in order to obtain more information about the actual likelihood of legionella spreading via aerosols and the possibilities that exist for minimising the likelihood of spreading;
- conduct research into the most effective deployment of biocides for combating *Legionella* in cooling water and in the biofilm of cooling-tower systems; this is concerned with obtaining the maximum effect while minimising the use of the agents concerned (minimise environmental objections). This necessitates using standardised testing methods, so that the effects of a biocide can be determined under controlled conditions.

# Voorwoord

De ministeries van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (Min. SZW), Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (Min. VROM) en Volksgezondheid, Welzijn en Sport (Min. VWS) hebben zich tot taak gesteld indien nodig beleid te ontwikkelen waarmee risico's op legionellabesmettingen vanuit industriële koeltorens en gebouwgebonden luchtbehandelingsinstallaties worden beperkt.

Met deze rapportage is de basis gelegd voor eventueel beleid door op een rij te zetten:

- welke systemen in de praktijk worden toegepast;
- welke koeltorensystemen en luchtbevochtigingssystemen risico's geven op blootstelling door groei van *Legionella*;
- welke omvang deze risico's hebben;
- welke eisen gesteld kunnen worden aan nieuw te ontwerpen installaties;
- welke preventieve maatregelen getroffen kunnen worden;
- welke kosten zijn verbonden aan deze preventieve maatregelen.

Het project is uitgevoerd in 3 fasen:

fase 1: inventarisatie van uitgangspunten;

fase 2: risicobeoordeling;

fase 3: preventie en beheersing.

De resultaten zijn per fase voorgelegd en besproken met een klankbordgroep bestaande uit de volgende personen:

dhr. A.J. van Pelt (Nederlands Corrosie Centrum; NCC)

dhr. H. Krinkels (RIZA)

mw. H. Nieuwenhuis (Aqua Nederland)

dhr. F.A. Vos (Vereniging van Nederlandse Installatiebedrijven; VNI)

dhr. J. Hogeling (Instituut voor Studie en Stimulering van Onderzoek; ISSO)

dhr. P.A. Hijhuis (Nederlandse Vereniging voor Doelmatig Onderhoud; NVDO)

dhr. J. Schonewille (Min. VROM)

mw. N.M. van Zadelhoff (Min. SZW); voorzitter

dhr. A.C. Besems (Min. SZW)

mw. S. Dröge (Min. SZW)

mw. M.I. Esveld (Min. VWS)

dhr. B. Groen (Min. VROM)

dhr. A.M.T.I. Vermeulen (Min. SZW)

In dit rapport zijn de resultaten van de afzonderlijke fasen geïntegreerd.



## Afkortingenlijst

ACOP	Approved Code of Practice (HSC Verenigd Koninkrijk)
Ag	Zilver
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers (USA)
ASTM	American Society for Testing and Materials (USA)
ATP	Adenosine 5-triphosphate
AWT	Association of Water Technologies (USA)
AWWA	American Water Works Association (USA)
BAT	Best Available Technique
BREF	BAT-Referentie Document 'Koeling' IPPC
BVP	Biofilmvormingspotentie
CCA	Coppersulphate Potassiumdichromate Arsenicpentoxide (kopersulfaat, kalium dichromaat, arseenpentoxide)
CDC	Center for Disease Control and Prevention (USA)
Cl <sub>2</sub>	Chloor
ClO <sub>2</sub>	Chloordioxide
CTB	College voor de Toelating van Bestrijdingsmiddelen
CTI	Cooling Technology Institute (USA)
Cu	Koper
CV	Concept Voorlichtingsblad van Arbeidsinspectie
DFA	Direct fluorescerende antilichamen (detectietechniek <i>Legionella</i> )
DHMH	Department of Health & Mental Hygiene. State of Maryland (USA)
EHB	Environmental Health Bureau, Ministry of Health and Welfare (Japan)
EIA	Energie Investeringsaftrek
EINP	Energie Investeringsaftrek Non-profit
ELISA	Enzyme-linked immunosorbent assay
EU	European Union
FAK	Fysische anti kalk Apparatuur
FISH	Fluorescence In Situ Hybridisatie (detectietechniek <i>Legionella</i> )
GVK	Glasvezel Versterkt Kunststof
HEPA	High Efficiency Particulate Air Filter
HVAC	Heating, Ventilation, Airconditioning
HSC	Health and Safety Commission (Verenigd Koninkrijk)
IEE	Institute of Environmental Epidemiology, Ministry of the Environment (Singapore)
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control (Europese Unie)
ISSO	Instituut voor Studie en Stimulering van Onderzoek
KOA	adviesrapport Kiwa Onderzoek en Advies

kve	kolonievormende eenheid (volgens kweekmethoden <i>Legionella</i> )
<i>L.</i>	<i>Legionella</i>
NEN	Nederlandse Norm (Nederlands Normalisatie Instituut)
NOVEM	Nederlandse Maatschappij voor Energie en Milieu
OSHA	Occupational Safety & Health Administration (USA)
PCR	Polymerase Chain Reaction (detectietechniek <i>Legionella</i> )
pH	zuurgraad
PVC	Polyvinylchloride
PE	Polyethyleen
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne
RIZA	Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling
RVS	Roestvaststaal
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinrichting
STOWA	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
TBTO	Tributyltinoxide
UF	Ultrafiltratie
UV	Ultraviolette straling
VGM	Veiligheid, gezondheid, milieu
VNI	Vereniging van Nederlandse Installatiebedrijven
WHO	World Health Organisation
Wvo	Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>i</b>
	<b>Summary</b>	<b>xii</b>
	<b>Voorwoord</b>	<b>xxiii</b>
	<b>Afkortingenlijst</b>	<b>xxvi</b>
	<b>Inhoud</b>	<b>xxviii</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Aanleiding	1
1.2	Werkwijze	2
1.3	Ander relevant onderzoek op gebied van <i>Legionella</i> in Nederland	3
1.4	Afbakening	4
<b>2</b>	<b>Omvang van de risico's van koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties</b>	<b>5</b>
2.1	Inleiding	5
2.2	Omvang van de legionellaproblematiek in koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties	9
2.3	Kans op groei van <i>Legionella</i> in het systeem	11
2.4	Kans op verspreiding van <i>Legionella</i> door het systeem	13
<b>3</b>	<b>Luchtbehandelingsinstallaties</b>	<b>16</b>
3.1	Algemeen	16
3.2	Bevochtiging en koeling	17
3.3	Onderverdeling van bevochtigers	17
3.4	Waterbevochtigers	17
3.4.1	Sproei-bevochtigers	18
3.4.2	Besproeiings- en bevoeiingsbevochtigers	18
3.4.3	Verstuivingsbevochtigers	20
3.5	Stoombevochtigers	20
3.6	Overzicht meest gebruikte systemen	21
<b>4</b>	<b>Koeltorensystemen</b>	<b>22</b>
4.1	Algemeen	22

4.2	Onderverdeling van koeltorensystemen	22
4.3	Natte koeltorens <sup>23</sup>	
4.3.1	Recirculerende systemen	24
4.3.1.1	Recirculerende open koeltorens met interne warmtewisselaars	24
4.3.1.2	Recirculerende open koeltorens met vullichamen	25
4.3.2	Eenmalig doorstroomde systemen met koeltoren	26
4.4	Droge koeltorens	27
4.5	Hybride systemen	28
4.6	Overzicht meest gangbare systemen	28
4.7	Gebruikte watersoorten	29
4.8	Systeemtemperaturen	29
4.9	Koeltorens als onderdeel van het totale koelsysteem	30
<b>5</b>	<b>Risicoanalyse 33</b>	
5.1	Inleiding	33
5.2	Risicoanalyse luchtbevochtigers	34
5.2.1	Algemene aandachtspunten	34
5.2.2	Risicoanalyse	35
5.2.3	Samenvatting en conclusie risicoanalyse luchtbevochtigers	37
5.3	Risicoanalyse koeltorensystemen	38
5.3.1	Algemene aandachtspunten	38
5.3.2	Risicoanalyse	39
5.3.3	Samenvatting en conclusie risicoanalyse koeltorensystemen	41
5.4	Totale risicobeschuwing luchtbevochtigers en koeltorensystemen	42
<b>6</b>	<b>Ontwerpeisen en beheersmaatregelen Legionella 45</b>	
6.1	Inleiding	45
6.2	Aan luchtbevochtigingsinstallaties te stellen eisen	45
6.2.1	Algemeen	45
6.2.2	Systeemkeuze 46	
6.2.3	Plaatsing	46
6.2.3.1	Plaatsing van de luchttoevoer	46
6.2.3.2	Plaatsing van de watertoevoer	47
6.2.4	Ontwerp	47
6.2.4.1	Ontwerp van de buitenluchtaanzuiging	47
6.2.4.2	Ontwerp sproeibevochtiging	49
6.2.4.3	Ontwerp besproeiing / bevoeiing van een verdamperlichaam	50
6.2.4.4	Ontwerp verstuivingsbevochtiging	50
6.2.4.5	Ontwerp Stoombevochtigers	50
6.2.5	Beheersmaatregelen in relatie tot Legionella	52
6.2.5.1	Beheersmaatregelen voor systemen met sproeibevochtiging en systemen met besproeiing/bevoeiing van verdamperlichamen	52
6.2.5.2	Beheersmaatregelen voor systemen met verstuivingsbevochtiging en stoombevochtiging	57
6.2.6	Risicoinventarisatie en monsternemingen	57
6.2.7	Kostenaspecten 58	



6.3	Aan koeltoreninstallaties te stellen eisen	60
6.3.1	Systeemkeuze	60
6.3.2	Plaatsing	62
6.3.3	Ontwerp	62
6.3.3.1	Koeltorenontwerp	63
6.3.3.2	Ontwerp koelsysteem	65
6.3.4	Beheersmaatregelen in relatie tot Legionella	65
6.3.4.1	Beheersmaatregelen voor recirculerende systemen	65
6.3.4.2	Beheersmaatregelen voor eenmalig doorstroomde systemen met koeltoren	71
6.3.4.3	Beheersmaatregelen voor luchtgekoelde systemen	73
6.3.5	Richtlijnen voor bedrijfsvoering	73
6.3.6	Risicoinventarisatie en monsternemingen	75
6.3.7	Kostenaspecten	76
<b>7</b>	<b>Literatuurstudie</b>	<b>79</b>
7.1	Inleiding	79
7.2	Aanpak literatuurstudie	79
7.3	Nederlandse wetgeving en richtlijnen	80
7.4	Buitenlandse wetgeving en richtlijnen	85
7.4.1	Inleiding	85
7.4.2	Wetgeving Europese Unie	85
7.4.3	Wetgeving en richtlijnen afzonderlijke landen	86
7.5	Literatuuronderzoek relatie <i>Legionella</i> en koeltorens /luchtbehandelingsinstallaties	88
7.5.1	Inleiding	88
7.5.2	Overzicht cases	89
7.6	Overzicht ontwerprijrichtlijnen en beheersmaatregelen	94
7.7	Overzicht actiegrenzen	94
7.8	Afstanden tot de systemen	96
<b>8</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>98</b>

## Literatuurlijst 107

### Bijlagen

- I** Belangrijke aspecten van het BAT referentiedocument 'koeling'
- II** Overzicht buitenlandse richtlijnen
- III** Overzicht ontwerprijrichtlijnen en beheersmaatregelen Koeltorens
- IV** Overzicht ontwerprijrichtlijnen en beheersmaatregelen Luchtbehandeling
- V** Enquête koeltorens / luchtbehandelingsinstallaties

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Na de legionellosebesmettingen in Bovenkarspel begin 1999 is aan de Tweede Kamer toegezegd dat alle risicosituaties voor besmetting met de legionellabacterie in kaart zullen worden gebracht. Op het gebied van collectieve watervoorzieningen en collectieve leidingnetten (Tijdelijke Regeling legionellapreventie in leidingwater) en mobiele luchtbehandelingsinstallaties (Warenwet) zijn veel acties ondernomen, maar de risico's van koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties in gebouwen zijn nog onderbelicht gebleven. Gelet op het feit dat zowel de zorg voor deze installaties als de bescherming van de risicogroepen tot verschillende wettelijke domeinen behoren, is de aanpak van deze risico's een gezamenlijke zorg van de ministeries van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW), Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) en Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS).

Over welke gebouwgebonden installaties of koeltorens een risico inhouden, en op welke wijze dat risico kan worden beperkt bestaat op dit moment te weinig inzicht om specifiek beleid hiervoor te ontwikkelen. Het doel van dit onderzoek is het inventariseren van de blootstellingsrisico's bij koeltorensystemen en luchtbehandelingsinstallaties die ontstaan door vermeerdering en verspreiding van de legionellabacterie en het inventariseren van de mogelijkheden tot preventieve maatregelen. De resultaten van het onderzoek kunnen de basis vormen voor nieuw op te stellen beleid voor het beheersen van de legionellaproblematiek in koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties.

De volgende onderzoeksvragen zijn geformuleerd:

1. Welke installaties of systemen zijn in Nederland in gebruik voor koeling en luchtbehandeling?
2. Onder welke wetgeving ressorteert het gebruik van deze installaties en systemen in Nederland?
3. Welke installaties of systemen voor koeling en luchtbehandeling vormen, gelet op hun constructie, een risico ten aanzien van de ontwikkeling en verspreiding van *Legionella*?
4. Op welke wijze kan de groei en het ontstaan van *Legionella* in bestaande installaties of systemen voor koeling of luchtbehandeling worden voorkomen of beheerst?
5. Welke eisen moeten aan te ontwerpen of aan te brengen installaties of systemen worden gesteld om de groei van *Legionella* te voorkomen c.q. te beperken?
6. Wat zijn de kosten die aan de preventieve maatregelen zijn verbonden?

## 1.2 Werkwijze

Deze onderzoeksvragen zijn in het kader van dit project vertaald in de volgende activiteiten:

- systematische inventarisatie van alle in de Nederlandse praktijk toegepaste industriële koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties;
- inventarisatie van de bestaande Nederlandse wetgeving op het gebied van gebruik van koeltorens en luchtbehandelingsapparatuur;
- inventarisatie van in Nederland gebruikelijke beheersmaatregelen toegepast op koeltorens en luchtbehandelingsapparatuur;
- uitvoeren van een risicobeoordeling voor alle geïnventariseerde categorieën van systemen / installaties en classificatie op basis van risico's;
- opstellen van ontwerpseisen en/of uitvoeringseisen met betrekking tot nieuw te ontwerpen systemen die leiden tot minimalisatie van de risico's op vermeerdering van *Legionella*;
- opstellen van beheersmaatregelen om de vermeerdering van *Legionella* in bestaande systemen te voorkomen of te beheersen;
- inschatten van de kosten voor toepassing van de geformuleerde beheersmaatregelen in bestaande installaties.

Naast deze activiteiten, die direct zijn gerelateerd aan de onderzoeksvragen, is in het kader van dit project ook een aantal activiteiten uitgevoerd gericht op het verzamelen van informatie over het onderwerp:

- inventarisatie van de buitenlandse wet- en regelgeving op het gebied van gebruik van koeltorens en luchtbehandelingsapparatuur waarbij met name aandacht voor ontwerpseisen en onderhoudseisen die betrekking hebben op groei van *Legionella*. Hierbij gaat het om landen waar reeds wetgeving op dit punt bestaat, zoals bijvoorbeeld het Verenigd Koninkrijk, de Verenigde Staten en Australië. Verder wordt aandacht besteed aan eventuele Europese regelgeving op dit gebied.
- overleg met leveranciers van koeltorensystemen en leveranciers van luchtbehandelingssystemen.
- overleg met installateurs van koeltorensystemen en luchtbehandelingssystemen.
- uitvoeren van een enquête bij een aantal bedrijven met koeltorensystemen en/of luchtbehandelingsapparatuur. De selectie van bedrijven is gebaseerd op de volgende criteria:
  - verschil in type installatie;
  - verschil in type bedrijfstak;
  - verschil in omvang van de installatie.

Deze enquête heeft tot doel gehad praktische informatie te verzamelen over de wijze van toepassing van installaties in praktijkomstandigheden (bijvoorbeeld verschillen per bedrijfstak).

Indien de resultaten daar aanleiding toe gaven, is in een aantal gevallen een bedrijfsbezoek uitgevoerd.

De resultaten van de enquête staan vermeld in bijlage V.

- uitvoeren van een literatuursearch. Het raadplegen van beschikbare internationale literatuur gericht op de relatie tussen koeltorens / *Legionella* respectievelijk luchtbehandelingsapparatuur / *Legionella*;
- interview van deskundigen in Nederland. Hierbij gaat het om personen die op basis van hun kennis direct bijdragen konden leveren aan het onderzoeksresultaat en/of sturing konden geven aan het verloop van de studie.

### **1.3 Ander relevant onderzoek op gebied van *Legionella* in Nederland**

STOWA laat onderzoek uitvoeren naar de risico's van blootstelling aan *Legionella* op rioolwaterzuiveringinrichtingen. Dit onderzoek is gestart in 2000 en bestaat uit twee fasen. Fase 1 is inmiddels afgerond en gerapporteerd (maart 2001).

Een aantal aspecten van dit onderzoek kan ook van belang bij het opstellen van richtlijnen voor het beheersen van de groei van *Legionella* in koeltorens en luchtbehandelinginstallatie. Hierbij wordt gedacht aan de volgende zaken:

- tijdens het STOWA-onderzoek wordt veel ervaring opgedaan met het bemonsteren van de omgevingslucht op RWZI's, dat wil zeggen het bemonsteren van aërosolen;
- in verband met de sterk "vervuilde" matrix zal in het kader van het STOWA-onderzoek worden gekeken naar optimalisatie van detectiemethoden van *Legionella* in het afvalwater en afvalwateraërosolen;
- op basis van de metingen zal een blootstellingsanalyse worden uitgevoerd (gericht op het personeel van de RWZI).

Het Ministerie van VROM heeft onderzoek laten uitvoeren naar alternatieve technieken voor legionellapreventie [VROM 2000b]. Het betreft onderzoek naar technieken die op de markt worden gebracht om de groei van legionellabacteriën in leidingwatersystemen te voorkomen. Ondanks het feit dat het onderzoek zich richt op leidingwater is een aantal technieken wellicht ook bruikbaar voor de behandeling van koelwater of het recirculatiewater in luchtbehandelings-installaties. In het rapport zijn de technieken getoetst aan een aantal beoordelings-criteria zoals effectiviteit, effecten op materialen, toepassingsgebied, onderhoud en beheer en kosten. Gesignaleerde kennislacunes richten zich op de effectiviteit en neveneffecten van een aantal kansrijke technieken en effecten van methoden op *Legionella* in water en in de biofilm alsmede op de vorming van biofilms. Bij het invullen van deze kennislacunes zou een uitbreiding van de scope kunnen plaatsvinden waarbij naast leidingwater ook koelwater wordt onderzocht.

#### **1.4 Afbakening**

In dit onderzoek richt zich de aandacht op preventieve beheersmaatregelen en ontwerprichtlijnen. Dit betekent dat geen aandacht is besteed aan maatregelen die een rol spelen bij de sanering van een legionellabesmetting in koeltorensystemen of luchtbehandelingsinstallaties, zoals eenmalige reinigingsmaatregelen, persoonlijke beschermingsmaatregelen voor het personeel, voorlichting van medewerkers e.d.

## 2 Omvang van de risico's van koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties

### 2.1 Inleiding

Tijdens een bijeenkomst van oud-strijders in een hotel in Philadelphia (USA) in juli 1976 liepen 182 mensen een mysterieuze ziekte op die uiteindelijk voor 28 patiënten fataal bleek. Een half jaar later kon uit het longweefsel van de patiënten een bacterie worden geïsoleerd die werd geïdentificeerd als de veroorzaker van de epidemie. De bacterie werd *Legionella* gedoopt en enkele jaren later bleek dat deze bacterie in tal van watersystemen waaronder drinkwaterinstallaties, warmtapwatersystemen, koeltorens, luchtbevochtigers en whirlpools kon worden aangetoond. In het hotel in Philadelphia bleek de bacterie via de airconditioning te zijn verspreid.

#### **Legionella en legionellose**

Binnen het geslacht *Legionella* (familie *Legionellaceae*) zijn inmiddels meer dan 40 soorten legionellabacteriën geïdentificeerd. Hiervan is *Legionella pneumophila* verreweg de bekendste en meest bedreigende. De soort *Legionella pneumophila* is weer onder te verdelen in 14 verschillende serogroepen die weer verder in subtypen kunnen worden verdeeld. *Legionella pneumophila* serogroep 1 is de voornaamste veroorzaker van legionellose. Maar ook andere serogroepen en vertegenwoordigers van andere legionellasoorten kunnen de ziekte veroorzaken. Veelal wordt in wetgeving of richtlijnen geen onderscheid gemaakt in soorten legionellabacteriën omdat voor zover bekend alle legionellasoorten dezelfde omgevingsfactoren prefereren en dus de aanwezigheid van een niet-gevaarlijke soort de aanwezigheid van een gevaarlijke soort niet kan uitsluiten.

Legionellose kan worden veroorzaakt door het inademen van aërosolen die besmet zijn met de bacterie. Het begrip aërosolen is gedefinieerd als een suspensie in een gasvormig medium van vloeistofdeeltjes en/of vast deeltjes met een verwaarloosbare valsnelheid [HSC 2000]. Aërosolen met een diameter kleiner dan 5 micron kunnen tot in de longblaasjes penetreren en op die manier een besmetting veroorzaken [ISSO 2000]. In het ziektebeeld wordt de natuurlijke afweer ondermijnd door vermeerdering van *Legionella*'s in de macrofagen (witte bloedlichaampjes). De twee vormen van legionellose zijn de legionellapneumonie (veteranenziekte), een ernstige vorm van longontsteking, en Pontiac-fever, een minder ernstige, griepachtige aandoening. Gevallen van legionellose zijn waargenomen bij legionellaconcentraties boven 1000 kve/l, maar ook bij lagere aantallen is besmetting niet uit te sluiten. Een grenswaarde afgeleid van een geaccepteerd infectierisico is (nog) niet gegeven. Factoren die vaststelling van zo'n grenswaarde bemoeilijken zijn:

- de diverse serogroepen en stammen vertonen grote variatie in virulentie (kwaadaardigheid);
- de grote verschillen in gevoeligheid tussen personen;
- de overdracht via aërosolen;
- de rol die protozoën (eencelligen zoals amoeben) mogelijk spelen bij de overdracht van *Legionella*;
- de bepalingsmethodiek.

Personen met een verminderde weerstand vormen de belangrijkste risicogroep. Andere risicofactoren zijn:

- roken;
- alcoholgebruik;
- hogere leeftijd;
- mannelijk geslacht.

#### **Groei en vóórkomen**

Legionellabacteriën zijn staafvormige, beweeglijke bacteriën die alleen groeien in aanwezigheid van zuurstof (aëroob organisme). Vermeerdering treedt met name op in slijmlagen (biofilm) op oppervlakken in contact met water, in sediment en in aanwezigheid van algen. Naast organische verbindingen, die dienen als bron voor energie en/of koolstof, zijn ijzerverbindingen en een tiental verschillende aminozuren nodig voor de groei. Het temperatuurtraject voor groei ligt tussen 20 en 45 °C, met een optimum tussen 30 en 40 °C. In tabel 5 is het groei- en afsterfgedrag van *Legionella* verder uitgediept.

*Tabel 5 Groei- en afsterfgedrag van Legionella [ISSO 2000]*

<b>Temperatuurgebied</b>	<b>Gedrag</b>
60 – 100 °C	Snelle decimering
50 – 60 °C	Langzame decimering
45 – 50 °C	Langzame uitgroei
40 – 45 °C	Snelle uitgroei
30 – 40 °C	Optimale uitgroei
25 – 30 °C	Snelle uitgroei
20 – 25 °C	Langzame uitgroei
tot 20 °C	Aanwezigheid/ overleving in lage concentraties mogelijk

### **Detectiemethoden *Legionella***

De aanwezigheid van *Legionella* kan op de volgende manieren worden aangetoond:

- kweekmethode NEN 6265;
- kweekmethode ISO 11731;
- detectiemethode FISH;
- detectiemethode PCR;
- detectiemethode DFA;
- snelle testen.

Het aantal levensvatbare legionellabacteriën per volume-eenheid water wordt vastgesteld volgens NEN 6265 waarin een kweekmethode op een semi-selectieve voedingsbodem bij 37 °C is beschreven. De bepalingsgrens van deze methode is 50 kve/l. In het geval van een vervuilde matrix kunnen andere bacterietypen zich op de voedingsbodem vermeerderen waardoor de detectie van *Legionella* wordt bemoeilijkt en de bepalingsgrens van de methode wordt verhoogd. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij analyse van *Legionella* in oppervlaktewater of koelwater.

De kweekmethode volgens ISO 11731 komt grotendeels overeen met de NEN 6265. Er wordt echter gebruik gemaakt van een ander type voedingsbodem. Ervaringen geven aan dat er vrijwel geen verschillen zijn in nauwkeurigheid met de kweekmethode NEN 6265, ook niet als er sprake is van een vervuilde monstermatrix zoals bij oppervlaktewater of koelwater [Kiwa 2001]. Nadeel van beide kweekmethoden is de relatief lange incubatieperiode van 5 tot 7 dagen voordat de kolonies zichtbaar worden.

De met behulp van de kweekmethoden gekweekte en geïsoleerde legionella-bacteriën kunnen nader worden getypeerd door middel van een serotypering. Gebruikelijk is dat als resultaat van de serotypering een classificatie wordt gemaakt naar drie groepen: *Legionella pneumophila* serogroep 1 als de belangrijkste veroorzaker van legionellose, *Legionella pneumophila* serogroepen 2 tot en met 14 en een aantal andere legionellasoorten.

Nieuw ontwikkelde, snelle detectietechnieken zijn de FISH-methode (FISH = Fluorescence In Situ Hybridisatie) die al binnen 30 uur uitslag geeft over de aanwezigheid van levende legionellacellen, de PCR-methode (Polymerase ketting reactie) en de DFA-methode (Direct fluorescerende antilichamen).

De werkwijze van de FISH-methode berust op het toepassen van genprobes (kleine stukjes genetisch materiaal) die karakteristiek zijn voor *Legionella*. Door de probes te binden aan genetisch materiaal van actieve legionellabacteriën kunnen deze zichtbaar worden gemaakt onder de microscoop.



Bij de PCR-methode wordt genetisch materiaal van legionellabacteriën uit monsters (bijvoorbeeld water of biofilm) geïsoleerd en vermeerderd met de polymerase kettingreactie. Vervolgens wordt het op deze wijze verkregen genetisch materiaal geanalyseerd op genen die karakteristiek zijn voor *Legionella*. Omdat DNA in water en biofilm lang intact blijft, kan met deze werkwijze geen onderscheid worden gemaakt tussen dode en levende bacteriën. De PCR-methode kan ook worden toegepast voor genotypering van legionellabacteriën, om na isolatie van *Legionella* met de kweekmethode de besmettingsbron op te sporen (identificatie).

Bij de DFA-methode vindt na concentreren van de in een watermonster aanwezige bacteriën, bijvoorbeeld met behulp van membraanfiltratie een reactie plaats met legionellaspecifieke antilichamen voorzien van een fluorescerend label. Legionellabacteriën worden hierdoor zichtbaar onder de microscoop. Storende reacties met ander materiaal en geen onderscheid tussen dood en levend zijn enkele nadelen van deze methode. De DFA-methode is van de drie nieuw ontwikkelde detectietesten de minst bewerkelijke.

Deze drie nieuw ontwikkelde methoden hebben specifieke voordelen en beperkingen zodat waarschijnlijk combinaties van methoden nodig zijn om te kunnen voldoen aan de eisen (snelheid, selectiviteit, kosten) van het betreffende analyseonderzoek [vd Kooij 2001]

Op de markt zijn tegenwoordig ook een tweetal snelle testen (testkits) beschikbaar voor watermonsters. Voor beide methoden geldt dat er in Nederland nog weinig ervaring mee is opgedaan en dat de methoden nog niet zijn gevalideerd.

De microdetect® methode is in Nederland ontwikkeld [IQProducts 2001]. De test, volgens de leverancier geschikt voor het semi-kwantitatief testen van legionellabacteriën in water, is gebaseerd op de hierboven beschreven PCR-techniek. De analyse van de specifieke PCR-producten wordt vervolgens uitgevoerd met een gestandaardiseerde colorimetrische methode. De test geeft binnen enkele uren uitslag. De bepalingsgrens van deze methode is niet bekend.

Een tweede methode is ontwikkeld in de Verenigde Staten [Binax 2001]. Deze test geeft resultaten binnen 45 minuten, maar beperkt zich alleen tot *Legionella pneumophila* serogroep 1 en maakt daarbij geen onderscheid tussen levende en dode organismen. Andere legionellabacteriën kunnen niet worden vastgesteld. Bij de methode wordt een enzym gekoppeld aan het antilichaam voor *Legionella pneumophila* serogroep 1 (ELISA). Voor koelwater heeft de test volgens opgave van de leverancier een bepalingsgrens van 800 kve/ml (800.000 kve/l!) bij 100 ml monster en 200 kve/ml (200.000 kve/l) bij 500 ml monster. Voor zover bekend is de methode in Nederland nog niet getest. Gezien de hoge bepalingsgrens lijkt de bruikbaarheid van de methode beperkt.

#### **Detectiemethoden totaal gehalte aërobe micro-organismen**

Naast *Legionella* kunnen in het koelwater of het recirculatiewater van een luchtbevochtiger ook andere micro-organismen vóórkomen. Meting van het totaal gehalte aan aërobe micro-organismen wordt in de praktijk gebruikt als een indicator voor de effectiviteit van maatregelen om microbiologische groei te voorkómen. Methoden die daarbij worden gebruikt zijn:

- bepaling van het Koloniegetal bij 22 of 37 °C volgens de daarvoor beschikbare NEN-norm in het laboratorium (kiemgetal)
- een ATP-meting waarbij met behulp van een detectiesysteem voor ATP (Adenosine 5-trifosfaat) direct de bacteriologische activiteit in water of biofilms kan worden gekwantificeerd. Het ATP-gehalte is een maat voor de concentratie actieve biomassa;
- zogenaamde dip slides, commercieel beschikbare plastic strips voorzien van een steriel agar medium die direct op locatie in het water worden gedompeld en daarna gedurende 48 uur worden geïncubeerd waarbij een temperatuur van 30 °C gebruikelijk is.

Laboratoriumervaringen, waarbij naast het totaal gehalte aan bacteriën ook specifiek het gehalte aan *Legionella* is bepaald, leren dat deze methoden niet zonder meer kunnen worden gebruikt als een indicatorparameter voor de aanwezigheid van *Legionella* [Kiwa 2001]. Hoge gehalten aërobe micro-organismen wijzen niet noodzakelijkerwijs op hoge gehalten *Legionella* en omgekeerd.

### **Monsterneming**

Bij het onderzoek naar de aanwezigheid van *Legionella* in koeltorensystemen is het in de praktijk gebruikelijk om monsters te nemen uit de koelwatervoorraad onder de koeltoren [mondelijke informatie waterbehandelingsfirma en twee industrieën]. De koeltoren (met bijbehorend bassin) is slechts de plaats waar aërosolen worden gevormd en geëmitteerd. De kans op vermeerdering van *Legionella* geldt voor het volledige koelsysteem.

In koelsystemen dient bij voorkeur zo dicht mogelijk te worden bemonsterd bij de warmtebron omdat juist daar de meeste kans op groei van *Legionella* optreedt. Met behulp van een risicoanalyse van het koelwatersysteem kan de juiste positie voor monsterneming worden vastgesteld.

In luchtbevochtigingssystemen met recirculatie van water (zie hoofdstuk 3) is gezien de geringe complexiteit van het systeem de plaats van monsterneming minder kritisch.

## **2.2 Omvang van de legionellaproblematiek in koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties**

Reeds in 1986 is door de Gezondheidsraad gewezen op de risico's van met name de kleinere koeltorens en verdampingscondensoren gezien de korte afstand van deze systemen ten opzichte van gebouwen waardoor via inlaten van ventilatiesystemen of open ramen aërosolen in gebouwen kunnen binnendringen [Gezondheidsraad 1986].

Verder adviseerde de Gezondheidsraad om in Nederland te controleren of er koeltorens en airconditioningsystemen zijn die een potentiële bron voor *Legionella* vormen en daarbij op grond van hun situering ten opzichte van omringende gebouwen een besmettingsrisico kunnen vormen.

Uit onderzoek van het RIVM [v Kranen 1988] blijkt dat ook in Nederland legionellabacteriën zijn geïsoleerd uit koeltorens en luchtbevochtigingssystemen (zie ook hoofdstuk 7.5). Als besmettingsbron zijn deze systemen in ons land echter (nog) niet bekend. Zo zijn er in Nederland verschillende locaties bekend waarbij hoge concentraties *Legionella* in koeltorens zijn vastgesteld zonder dat dit aantoonbaar leidde tot ziektegevallen bij medewerkers of omwonenden [mondelijke informatie, expert judgement].

In andere landen binnen Europa zijn koeltorens wel geïdentificeerd als een besmettingsbron. In tabel 6 is een overzicht gegeven van het aantal aan de World Health Organization gerapporteerde legionellosegevallen en -clusters van gevallen in een groot aantal landen binnen Europa. Hierbij is waar mogelijk gedifferentieerd naar infectiebron [WHO 1997, 1998, 1999, 2000].

Uit het overzicht blijkt dat voor de periode van 1996 tot en met 1999 van de gerapporteerde clusters van legionellosegevallen (outbreaks) in 10 % kon worden vastgesteld dat deze zijn veroorzaakt door koeltorens. Hierbij moet worden opgemerkt dat in 50 % van de gevallen geen infectiebron kon worden vastgesteld.

Tabel 6 Aantal gerapporteerde legionellose gevallen en clusters in Europa (28 landen in 1999 en 1998; 24 landen in 1997 en 1996) gedifferentieerd naar infectiebron.

	Aantal gerapporteerde ziektegevallen legionellose	Aantal gerapporteerde clusters van <i>Legionella</i>	Gedifferentieerd naar infectiebron			
			Leidingwater systemen	Koeltorens	Whirlpools	onbekend
1999	2136	32	12	1	5	14
1998	1442	32	14	5	1	12
1997	1360	33	3	-	1	29
1996	1566	22	10	6	1	5
Totaal	8640	119	39 (33 %)	12 (10 %)	8 (7 %)	60 (50 %)

Noot: niet alle gerapporteerde ziektegevallen maken onderdeel uit van een gerapporteerde cluster.

Dit Europese beeld geeft aan dat aandacht voor koeltorens als potentiële bron voor *Legionella* gerechtvaardigd is. Luchtbehandelingssystemen worden in de rapportage van de WHO niet genoemd als aparte infectiebron. Voor deze systemen wordt in de rapportage van de Gezondheidsraad aangegeven dat het risico van groei van

*Legionella* over het algemeen kleiner is dan in koeltorens, als gevolg van de lage temperatuur van het gebruikte water.

In 1999 heeft RIZA een literatuuronderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid van *Legionella* in oppervlaktewater, koelwater en RWZI's [Berbee 1999]. Daarin staat dat uit resultaten van onderzoek in Finland en Japan blijkt dat vooral in koeltorens van airconditioningsystemen hoge concentraties van *Legionella* aanwezig kunnen zijn (tot vele tienduizenden kve/l). Verder stelt het rapport vast dat het twijfelachtig is of dergelijke hoge aantallen ook kunnen worden aangetroffen in regulier goed onderhouden industriële koeltorens. Uit mondelinge informatie van enkele grote Nederlandse bedrijven is gebleken dat in hun koelsystemen dergelijke waarden niet zijn waargenomen. Of dit gegeneraliseerd mag worden naar koeltorens bij kleinere bedrijven is onduidelijk volgens de RIZA-studie.

Dit beeld is in dit onderzoek niet bevestigd. Een aantal respondenten die zijn geïnterviewd tijdens dit onderzoek geven het beeld dat koeltorens bij kleinere firma's problemen krijgen met *Legionella* als gevolg van slecht onderhoud of het ontbreken van onderhoud [mondelinge informatie meerdere respondenten].

Een grote industrie geeft aan in de meeste onderzochte koeltorens op het eigen terrein *Legionella* aan te treffen of wel eens aangetroffen te hebben. Locatiespecifieke aspecten zoals waterkwaliteit, een vuile omgeving en koeltorenontwerp worden gezien als de belangrijkste oorzaken voor de aanwezigheid van *Legionella* [mondelinge informatie respondent].

Uit de protocollen die grote industrieën hebben opgesteld kan verder worden afgeleid dat men voor het vaststellen van de omvang van de legionellaproblematiek binnen het eigen bedrijf behoefte heeft aan een duidelijk toetsingskader. Uitgaande van buitenlandse richtlijnen of externe adviezen hanteert men voor de resultaten van de legionella-analyse via de kweekmethode bijvoorbeeld actiegrenzen van 1.000 kve/l, 10.000 kve/l en/of 100.000 kve/l (zie ook hoofdstuk 7.6) [mondelinge informatie twee industriële respondenten].

### **2.3 Kans op groei van *Legionella* in het systeem**

Het risico van een besmetting met *Legionella* bij een bepaalde persoon is het product van de kans op blootstelling aan de bacterie en het effect van die blootstelling op die persoon. De kans op blootstelling aan *Legionella* via het inademen van aërosolen afkomstig van een koeltoren of een luchtbehandelingsinstallatie wordt bepaald enerzijds door de kans op groei van *Legionella* in het systeem en anderzijds door de kans op verspreiding van *Legionella* door het systeem.

Groei van *Legionella* in het systeem is afhankelijk van een aantal risicofactoren [VROM 2000a]:

- een watertemperatuur tussen 20 en 50 °C
- een lange verblijftijd van water in de installatie;
- stilstand (stagnatie) van water in de installatie;
- de aanwezigheid van biofilm en sediment.

Bij de beoordeling van de kans op vermeerdering van *Legionella* in installaties zijn deze risicofactoren maatgevend. De temperatuur van het water is in alle gevallen van doorslaggevende betekenis.

Vermeerdering van *Legionella* treedt met name op in slijmlagen (biofilms) op oppervlakten in contact met water, in sediment en in aanwezigheid van algen [vd Kooij 2001]. De voedingsstoffen voor de groei van bacteriën kunnen afkomstig zijn uit de waterfase of worden afgegeven door het oppervlaktemateriaal. Kunststofmaterialen kunnen verbindingen afgeven die de groei van micro-organismen bevorderen. Het betreft in de regel verbindingen die aan de kunststof worden toegevoegd ter verbetering van de eigenschappen van het materiaal. Voor leidingmaterialen ten behoeve van de distributie van drinkwater is in Nederland onderzoek verricht naar de groeibevorderende werking van verschillende materialen [Kiwa 1999]. Hierbij is voor de verschillende materialen via een gestandaardiseerde werkwijze de biofilmvormingspotentie gemeten (BVP). Er is een relatie vastgesteld tussen de concentratie van legionellabacteriën in de biofilm en de biofilmvormingspotentie van het materiaal, dat wil zeggen de concentratie legionellabacteriën in de biofilm neemt toe naarmate de biofilmvormingspotentie van het materiaal hoger is. Een objectieve beoordeling van materialen op basis van biofilmvorming resp. biomassaproductie bleek om verschillende redenen echter nog niet mogelijk. In algemene zin blijken RVS, teflon en hard PVC de laagste BVP te bezitten en rubbertypes en zacht PVC de hoogste BVP.

De kans op vermeerdering van *Legionella* zal uitgaande van de genoemde risicofactoren worden bepaald door locatiespecifieke omstandigheden. Hierbij moet bijvoorbeeld worden gedacht aan:

- het specifieke installatieontwerp (bijvoorbeeld: lange leidingen, dode leidingen, dode hoeken, etc.);
- de temperatuur in de opstellingsruimte;
- de maximale temperatuur die het koelwater bereikt in het totale koelwatercircuit;
- daglicht in het systeem waardoor algengroei wordt bevorderd;
- de kwaliteit van het voedingswater of koelwater (voedingsstoffen, zwevende stof en de “voorgeschiedenis” van het koude voedingswater);
- het gebruik van (leiding)materialen met een hoge potentie tot vorming van een biofilm;

- de bedrijfsvoering en het onderhoud;
- omgevingsfactoren die kunnen bijdragen aan een verhoging van het gehalte aan voedingsstoffen in het water, bijvoorbeeld inwaai van bladeren in koeltorens of inname van de afgezogen lucht uit keukens bij luchtbehandelingsinstallaties.

Het is denkbaar dat weliswaar in de installatie zelf geen groei plaatsvindt van *Legionella* maar dat in het aangevoerde voedingwater de concentratie *Legionella* al zo ver is opgelopen dat er alsnog kans op blootstelling door verspreiding van aerosolen kan optreden.

- In het geval dat de installatie wordt gevoed vanuit een collectief leidingnet of een collectieve watervoorziening volgens de definitie in de Waterleidingwet dan valt de kans op groei van *Legionella* in de voedingsleiding tot aan het aansluitpunt op de installatie onder de werking van de Tijdelijke regeling legionellapreventie in leidingwater. In het kader van deze regeling kan mogelijke opwarming van de koudwatervoeding naar de luchtbevochtiger via een risicoanalyse onder de aandacht komen. Hiervoor bestaat echter geen garantie aangezien er geen uitgebreide risicoanalyse wordt uitgevoerd als er geen of weinig tappunten zijn in het leidingwatersysteem met relevante aerosolvorming (bijvoorbeeld alleen maar tapkranen en toiletten). De luchtbevochtiger en koeltoren zelf vallen niet onder de regeling, ondanks het feit dat er relevante aerosolvorming plaatsvindt. Ook als de toevoerleiding van de installatie is gescheiden van de leidingwaterinstallatie door een keerklep, blijft een risicobeschouwing voor dit leidingdeel achterwege.

#### **2.4 Kans op verspreiding van *Legionella* door het systeem**

Een systeem waarin weliswaar groei van *Legionella* plaatsvindt maar waarin (bij de normale operatie<sup>1</sup>) geen aerosolen worden gevormd, geeft in principe geen kans op blootstelling aan *Legionella*. In dat opzicht is het relevant de kans op verspreiding van aerosolen door een systeem nader te onderzoeken.

Of vanuit luchtbehandelingsinstallaties relevante aerosolvorming plaatsvindt, hangt in de eerste plaats af van de werking van het bevochtigingssysteem. Bij directe versproeiing van water in de luchtstroom is zonder meer sprake van relevante aerosolvorming. Daarnaast is het vervolgtraject van de lucht van belang (verdere behandeling, lengte luchtkanalen, hoogte plafond in ruimte) om vast te stellen of de aerosolen voldoende tijd krijgen om te verdampen. Na verdamping van de aerosolen is het risico van besmetting van personen in de ruimte verdwenen.

---

<sup>1</sup> hier is uitgegaan van normale operatie van het systeem: bij periodiek onderhoud/reiniging van de installatie kunnen eventueel wel aerosolen worden gevormd die een besmettingsrisico geven.

Voor koelwatersystemen wordt aërosolvorming in beginsel veroorzaakt door het spatten van vallend koelwater en meesleep van waterdruppeltjes met de luchtstroom. Een misverstand is dat alle aërosolen die de koeltoren verlaten een risico op besmetting vormen. De bulk van deze aërosolen wordt namelijk gevormd door condensatie van waterdamp bij het uittreden van de luchtstroom. Deze aërosolen bevatten geen *Legionella*. Slechts de aërosolen die rechtstreeks zijn gevormd uit (spattend) koelwater en worden meegesleept met de luchtstroom kunnen *Legionella* bevatten en vormen een gevaar.<sup>2</sup>

In kwalitatieve zin is de kans op blootstelling aan *Legionella* als gevolg van verspreiding van aërosolen door een koeltoren afhankelijk van de volgende factoren:

- aërosolgrootte;
- de windrichting;
- de luchtvochtigheid in verband met verdamping van aërosolen;
- de afstand tot de koeltoren.

Het spatverlies van koeltorens bedraagt ongeveer 0,05 – 0,1 % van de waterrecirculatie. Op basis van dit gegeven, de luchtdoorzet en de waterrecirculatie kan worden berekend welke concentratie *Legionella* in koelwater theoretisch “acceptabel” zou zijn uitgaande van een bepaalde norm voor *Legionella* in de luchtstroom die de koeltoren verlaat. Een dergelijke berekening is te beschouwen als een “worst-case”-benadering aangezien er nog geen rekening is gehouden met het feit dat aërosolen uit een koeltoren zullen verdampen en daardoor verdwijnen. De snelheid van verdamping is daarbij sterk afhankelijk van de luchtvochtigheid.

Het bepalen van de mate van blootstelling aan *Legionella* via koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties uitgaande van rekenmodellen voor de verspreiding van aërosolen is op dit moment niet mogelijk omdat onvoldoende bekend is over het gedrag van *Legionella* in aërosolen. Tevens is de relatie tussen blootstelling en het risico van infectie niet bekend [expert judgement].

Daarnaast blijft het moeilijk om via rekenmodellen de mate van blootstelling die in een bepaalde situatie kan optreden te bepalen omdat onzekere factoren zoals windrichting en luchtvochtigheid een rol spelen.

Het CTI (Cooling Technology Institute) in Houston (USA) stelt in hun richtlijnen voor bouwers en leverancier van koeltorens dat normstelling bij koeltorens misleidend is aangezien er geen vast risiconiveau voor *Legionella* kan worden aangegeven en er ook geen niveau kan worden aangemerkt als ‘veilig’ [CTI 2000]. Toch worden om praktische redenen in buitenlandse richtlijnen waaronder de Britse,

---

<sup>2</sup> de gecondenseerde waterdamp draagt wel bij tot de relatieve luchtvochtigheid en is dus mede bepalend voor de verdampingsnelheid van alle uittredende aërosolen.

Japanse en Singaporese Code of Practice en de Health Regulations van de Victorian Government (Australië) verschillende actieniveaus genoemd waaraan de vastgestelde concentratie *Legionella* kan worden getoetst. De actieniveaus die zijn gedefinieerd variëren afhankelijk van het land van  $10^2$  tot  $10^6$  kve/l *Legionella* (zie hoofdstuk 7 en overzicht buitenlandse richtlijnen in de bijlage II).

Voor dit onderzoek is als uitgangspunt genomen dat de inspanningen om de kans van besmetting vanuit koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties te beperken zich concentreren op enerzijds voorkoming van de groei van *Legionella* en anderzijds beperking van de vorming van aërosolen in deze systemen. Uiteindelijk is het veiliger te streven naar een minimaal concentratieniveau van *Legionella* in de genoemde systemen dan naar een (geaccepteerd) maximaal niveau.



## 3 Luchtbehandelingsinstallaties

### 3.1 Algemeen

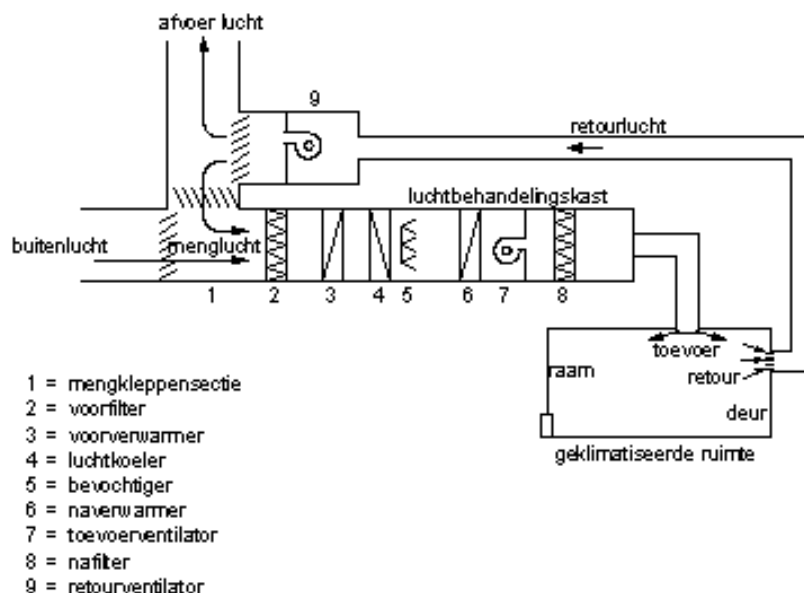
Een luchtbehandelingsinstallatie in een gebouw heeft de volgende functies:

- Ventileren, d.w.z. toevoeren van voldoende verse buitenlucht en afvoeren van verontreinigingen (warmte en chemische verontreinigingen);
- Behandelen toevoerlucht:
- Reinigen (filters);
- Verwarmen;
- Koelen (zie hoofdstuk 4);
- Bevochtigen;
- Ontvochtigen (drogen);
- Transporteren luchthoeveelheden;
- Gelijkmatic en tochtvrij verdelen;
- Regelen van de gewenste binnencondities (temperatuur, luchtvochtigheid, drukhiërarchie).

Als alle bovengenoemde functie worden verricht, kunnen we spreken over een volledige luchtbehandelingsinstallatie of airconditioning. Een hanteerbare definitie wordt gegeven door Ham en Rolloos [Ham 1988]:

“Airconditioning is een systeem, waarmee een binnenklimaat wordt gerealiseerd, waarbij zuiverheid, temperatuur en vochtigheidsgraad van de lucht kunnen worden geregeld binnen tevoren bepaalde grenzen, en wel zodanig dat de daarvoor noodzakelijk luchtbewegingen niet als hinderlijk worden ervaren”. Een algemeen schema van een luchtbehandelingsinstallatie, waarin alle functies zijn opgenomen is weergegeven in figuur 1.

Opgemerkt wordt dat in de beschouwing slechts gebouwgebonden luchtbevochtigingssystemen worden betrokken. Kleine mobiele systemen voor lokaal gebruik in kantoren en huishoudens zijn niet in het onderzoek betrokken omdat ze vallen onder de Warenwet.



*Figuur 1 Algemeen schema luchtbehandelingsinstallatie*

### 3.2 Bevochtiging en koeling

In de praktijk komen ook onvolledige luchtbehandelingsinstallaties voor waarbij bepaalde functies, meestal koeling en bevochtiging, achterwege zijn gelaten. In het kader van dit project wordt aandacht besteed aan luchtbehandelingsinstallaties waarin ten minste de functie “bevochtiging” is opgenomen.

De koeling als onderdeel van de luchtbehandeling wordt vaak verzorgd door koelmachines. Aan deze koelmachines is vervolgens een koeltorensysteem gekoppeld dat zorgdraagt voor de afvoer van warmte naar de omgeving. Voor alle duidelijkheid wordt er op gewezen dat als uitgangspunt in dit onderzoek deze koeltorensystemen geen onderdeel uitmaken van een luchtbehandelingsinstallatie en in dit onderzoek separaat zijn beschouwd (zie hoofdstuk 4).

### 3.3 Onderverdeling van bevochtigers

Het voor bevochtiging benodigde water kan in de te bevochtigen lucht worden toegevoerd als vloeistof of als damp (stoom). Een onderverdeling in waterbevochtigers en stoombevochtigers ligt dan ook voor de hand.

### 3.4 Waterbevochtigers

Bij waterbevochtigers wordt lucht in intensief contact gebracht met fijne waterdruppels, waarbij door verdamping het vochtgehalte wordt verhoogd. De voor verdamping benodigde warmte wordt aan de lucht onttrokken waardoor met deze wijze van bevochtiging een koelende werking (adiabatische toestandsverandering)

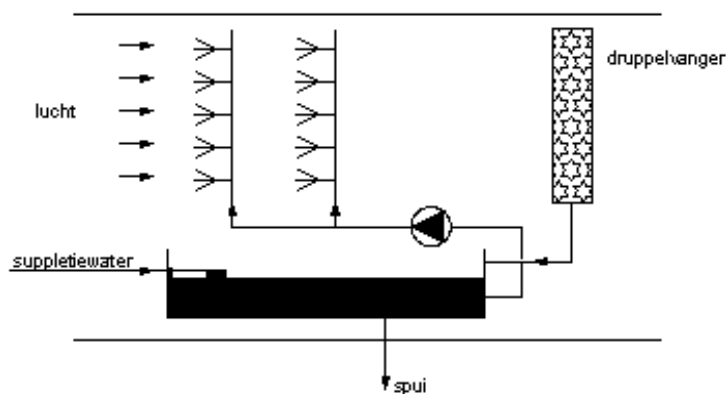
tot het dauwpunt van de lucht wordt bereikt. In het toestanddiagram wordt een punt bereikt met een bepaalde temperatuur en een relatieve luchtvochtigheid van 100 %; het dauwpunt bij die temperatuur. De luchttoestand wordt geregeld op dit dauwpunt in combinatie met naverwarming. Om de stof- en warmteoverdracht optimaal te laten verlopen is een groot overdragend oppervlak nodig tussen lucht en water. Er zijn diverse systemen waarmee dit kan worden bewerkstelligd:

- sproeibevochtigers
- besproeiing / bevoeiing van een verdamperlichaam
- verstuiwingsbevochtiging

De sproeibevochtigers en de typen met een verdamperlichaam werken, gezien de grote overmaat aan water die wordt gedoseerd, in het algemeen met recirculatie van water. De verstuiwingsbevochtigers werken in het algemeen zonder recirculatie van water. Recirculatie van water verlengt de verblijftijd in het systeem

#### 3.4.1 Sproeibevochtigers

Bij sproeibevochtiging wordt de lucht door een watergordijn van fijne waterdruppels gevoerd, afkomstig uit sproeiërs (zie figuur 2). Door het sproeien wordt het verdampingsoppervlak van het water vergroot. Een druppelvanger zorgt ervoor dat niet-verdampte druppels uit de luchtstroom worden verwijderd. Het niet verdampte water wordt in een waterbak opgevangen en in het algemeen gerecirculeerd. De bak is voorzien van een spuiaansluiting om te vergaande indikking van het water tegen te gaan.

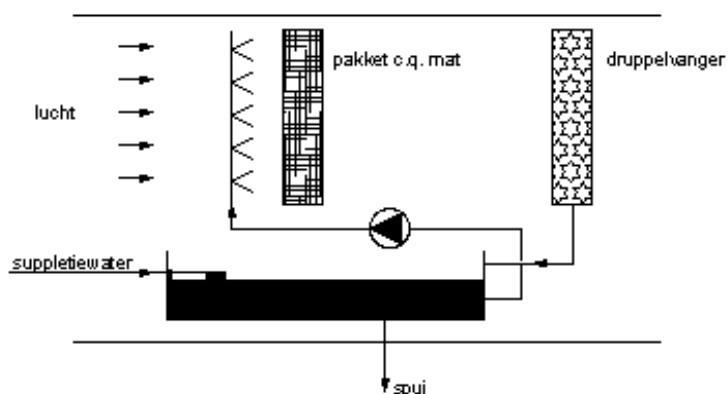


*Figuur 2 Schematische weergave sproeibevochtiger*

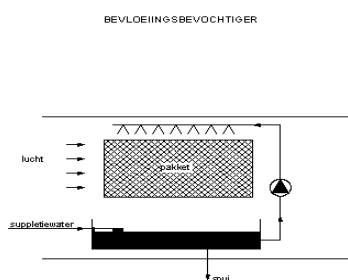
#### 3.4.2 Besproeiings- en bevoeiingsbevochtigers

Vergroting van het verdampingsoppervlak van het water kan ook worden bereikt door het water te verdelen over een verdamperlichaam door versproeiing (zie figuur 3) of door bevoeiing (zie figuur 4). Dit verdamperlichaam kan bestaan uit een niet

hygrosopische mat van kokos of glasvezel (mattenbevochtigers). De fijne druppels zetten zich op de vezels van de mat en geven op deze wijze een groot uitwisselend oppervlak tussen water en lucht. In plaats van een niet hygrosopische mat zoals bij mattenbevochtigers kan het water ook worden verdeeld over een hygrosopische materiaal (pakketbevochtigers). In dit geval wordt het oppervlak van het materiaal direct bepalend voor het oppervlak dat de warmte- en stofuitwisseling tussen water en lucht bewerkstelligt. Het niet verdampte water wordt in een waterbak opgevangen en in het algemeen gerecirculeerd. De bak is voorzien van een spuiaansluiting om indikking van het water tegen te gaan. Ook de zogenaamde solitaire luchtbevochtigers kunnen tot dit type worden gerekend.



*Figuur 3 Sproei-bevochtiger met pakketvulling c.q. mat*



*Figuur 4 Bevloeiingsbevochtigers*

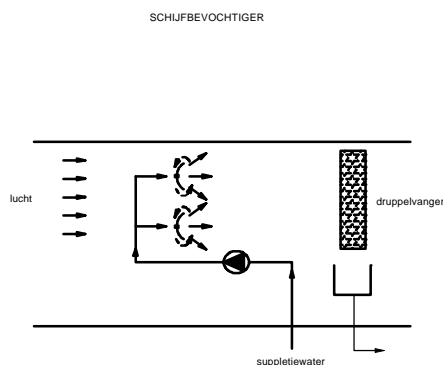
### 3.4.3 Verstuivingsbevochtigers

Bij verstuivingsbevochtiging wordt het water zo fijn verstoven dat zich een aërosol of nevel vormt van lucht en water met de bedoeling dat al het vernevelde water wordt verdampt. Bij verstuivingsbevochtigers vindt dan ook in het algemeen geen recirculatie van water plaats. Bekende verstuivers zijn:

de roterende schijfverstuiver: water wordt op een roterende schijf gebracht, waarna deze in fijne druppeltjes van de schijf worden geslingerd (zie figuur 5);

verstuivers door middel van perslucht: water wordt verneveld door middel van hoge drukverstuiving met perslucht;

ultrasonoor verstuivers: water, aangebracht op een snel trillende transducer is op grond van haar massa-traagheid niet in staat de trillingen te volgen. Tijdens de trillingen volgen kortstondige vacuüm- en compressiemomenten elkaar af. Hierdoor ontwikkelen zich dampbellen die naar de schil van de waterkolom worden gekatapulteerd en daar met grote kracht uit elkaar spatten. Verder worden direct onder het wateroppervlak door het focuseren van de trillingsgolven, kruisgolven gevormd die op de kruispunten zeer kleine waterdruppeltjes vormen die in de luchtstroom vrijkomen.



*Figuur 5 Schijfbevochtiger*

### 3.5 Stoombevochtigers

Bij stoombevochtiging wordt droge stoom ( $> 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) via een verspreidingsbuis aan de passerende lucht toegevoegd. Door afkoeling condenseert de waterdamp aanvankelijk tot zeer fijne druppeltjes, die snel verdampen. De toestandsverandering van de lucht gebeurt praktisch isotherm zodat, in tegenstelling tot waterbevochtiging, geen naverwarming hoeft plaats te vinden. Door dosering van de stoom kan elke gewenste luchttoestand worden bereikt.

De stoom kan afkomstig zijn vanuit verschillende bronnen, bijvoorbeeld een centrale stoomvoorziening of bereiding ter plaatse met behulp van kleine elektrische units. Hierop wordt verder niet ingegaan.

### 3.6 Overzicht meest gebruikte systemen

In de praktijk worden de verschillende benoemde typen bevochtigers met name toegepast in kantoorpanden en ziekenhuizen. De tendens lijkt te zijn dat steeds meer gebruik gemaakt wordt van stoombevochtiging.

Indien gebruik wordt gemaakt van verstuivingsbevochtiging wordt meestal gekozen voor ultrasonoor verstuiving. Schijfbevochtigers worden nauwelijks meer aangetroffen [expert judgement].

In tabel 7 is in grote lijnen aangegeven in welke omgeving bepaalde typen luchtbevochtiging voornamelijk worden aangetroffen.

Tabel 7 *Overzicht toepassing vier typen bevochtigers voor een drietal verschillende locatietypen*

	<b>sproei- bevochtiging</b>	<b>bevloeiings- bevochtiging</b>	<b>verstuivings- bevochtiging</b>	<b>stoom- bevochtiging</b>
<b>kantoorgebouwen</b>	+	+	+	+
<b>ziekenhuizen</b>				++
<b>industrie</b>			+	+

++ komt vaak voor

+ komt regelmatig voor

## 4 Koeltorensystemen

### 4.1 Algemeen

Bij veel industriële productieprocessen maar ook in de bebouwde omgeving wordt energie (mechanische, chemische, thermische, elektrische etc.) toe- of afgevoerd. Veelal vindt transformatie plaats van energie, waarbij warmte en geluid afvalproducten zijn.

Niet altijd kan de vrijgekomen warmte worden teruggewonnen of hergebruikt en dan moet deze warmte door middel van koeling naar de omgeving worden afgevoerd.

Bij zeer veel processen ontstaat afvalwarmte. Een onderverdeling kan worden gemaakt in verschillende temperatuurniveaus van de te koelen stromen [EC 2000].

- hoog temperatuurniveau >60 °C;
- gemiddeld temperatuurniveau 25-60 °C;
- laag temperatuurniveau 10-25 °C.

Bij de keuze van het type koelsysteem en het ontwerp daarvan is het temperatuurniveau een factor van belang. Verder spelen omgevingsfactoren en economische factoren een belangrijke rol.

In dit onderzoek zullen van de mogelijke koelsystemen alleen die systemen in beschouwing worden genomen die koeltorens bevatten. Dit betekent dat geen aandacht wordt besteed aan de gesloten systemen (bijvoorbeeld gesloten koelcircuits) en doorstroomsystemen zonder koeltorens.

Onder een koeltoren wordt in dit onderzoek verstaan:

**een open constructie waarbij door overdracht van warmte aan de lucht een medium wordt afgekoeld.**

### 4.2 Onderverdeling van koeltorensystemen

Het ligt voor de hand om een onderscheid aan te brengen tussen koeltorens die worden gebruikt voor koeling van industriële processen en koeltorens die worden toegepast ten behoeve van koeling van lucht in airconditioning systemen (comfortkoeling).

In de praktijk blijkt echter dit onderscheid niet te maken. Voor beide doeleinden worden in grote lijnen dezelfde typen koeltorens gebruikt. Het onderscheid wordt voornamelijk bepaald door de afmetingen van de systemen, die in de industriële omgeving groter kunnen zijn, het (economisch) belang dat met een goed functioneren van het koelsysteem gemoeid is en de kwaliteit van eventueel gebruikte watersoorten. In de bebouwde omgeving (kantoren, ziekenhuizen, etc.) wordt meestal drinkwater toegepast, terwijl in de industriële omgeving watersoorten van

uiteenlopende kwaliteit gebruikt kunnen worden. Het onderscheid tussen industriële koeling en comfortkoeling is wel relevant bij de beschouwing van de manier waarop noodzakelijke beheersmaatregelen en onderhoudsrichtlijnen worden geïmplementeerd en uitgevoerd (hoofdstuk 6).

Onderstaand wordt een onderverdeling gegeven van koeltorensystemen op basis van het Reference Document on the Application of Best Available Techniques to Industrial Cooling Systems [EC 2000]. In Nederland is dit document bekend als BAT referentie document koeling. De onderverdeling is gebaseerd op het werkingsprincipe van de in de industrie en bebouwde omgeving gebruikelijke koeltorensystemen. Bij de onderverdeling is daarnaast rekening gehouden met de risicoanalyse naar de groei en verspreiding van legionellabacteriën, zoals die in hoofdstuk 5 is gegeven.

Een eerste onderscheid kan worden gemaakt tussen watergekoelde en luchtgekoelde systemen. Watergekoelde systemen (natte koeltorens) onderscheiden zich door het feit dat water als primair koelmedium wordt gebruikt en er een rechtstreeks contact is tussen lucht en koelwater. Bij luchtgekoelde systemen (droge systemen) wordt lucht als primair medium gebruikt en is er geen contact met water.

#### **4.3 Natte koeltorens**

Bij natte koeltorens wordt water via een distributiesysteem van boven naar beneden over een vulling (pakket) of warmtewisselaar gevoerd en hierbij in contact gebracht met lucht in tegenstroom (aanzuiging van lucht van onder het pakket) of kruisstroom (aanzuiging van lucht zijwaarts door het pakket). Hierbij verdampt een gedeelte van het toegevoerde water, waardoor een koelend effect wordt verkregen.

Als vullichaam worden vaak kunststof (of andere materialen) pakketten gebruikt met een groot inwendig oppervlak. Het water stroomt hier langs als een dunne film. Hierdoor vindt een optimaal contact plaats tussen water en lucht. In geval van gebruik van vervuild water wordt ook wel gebruik gemaakt van meer robuuste vullingen (meer open en steviger in verband met reiniging) met een minder groot inwendig oppervlak [Puckorius 1995b][respondent].

Om water te besparen worden vaak zogenaamde druppelvangers boven het waterdistributiesysteem aangebracht. Door deze druppelvangers worden de waterdruppels die meegezogen worden in de luchtstroom voor een groot gedeelte afgevangen.

Bij kruisstroomsystemen worden vanwege de geringere meesleureffecten nauwelijks aërosolen via de luchtfase naar buiten getransporteerd, zodat hierbij geen druppelvangers behoeven te worden geïnstalleerd [respondent].



De lucht wordt meestal van beneden naar boven door de koeltoren gevoerd. Aanzuigen van lucht gebeurt veelal door een ventilator die boven in de koeltoren of onderin (aan de zijkant) is aangebracht. Bij een beperkt aantal koeltorens wordt lucht aangezogen via het principe van natuurlijke trek (schoorsteenprincipe). Dit zijn de bekende hyperboolvormige hoge (80-200 m.) koeltorens die meestal in beton zijn uitgevoerd en veelal worden toegepast door de industrie en door elektriciteitscentrales.

De lucht wordt vaak aangezogen via zogenaamde louvres. Goed ontworpen louvres voorkomen dat te veel water verloren gaat via de zijkant van de koeltoren vanwege spatverliezen en voorkomen bovendien dat er materiaal (gronddeeltjes, bladeren, zwerfvuil) in de koeltoren kan waaien.

Met het oog op voor groei van *Legionella* relevante factoren kunnen in grote lijnen twee typen natte koeltorensystemen worden onderscheiden:

- recirculerende systemen;
- eenmalig doorstroomde systemen.

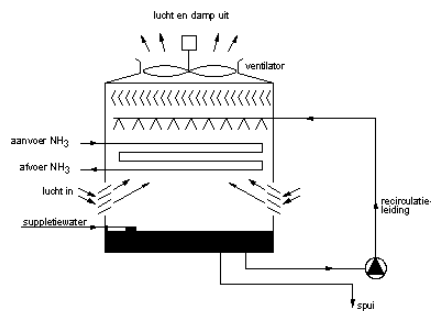
#### **4.3.1 Recirculerende systemen**

In dit soort systemen wordt het koelwater via een circuit rondgepompt over de open koeltoren. Het onder in de koeltorenbak opgevangen koelwater wordt (na passage van de te koelen processen) steeds weer teruggevoerd naar de koeltoren om weer te worden afgekoeld. De belangrijkste oorzaken van waterverlies in recirculerende systemen zijn verdamping, spui, en spat / windverliezen. Deze typen koeltorens komen voor met gedwongen trek en natuurlijke trek.

Een onderscheid dient verder te worden gemaakt tussen koeltorens met interne warmtewisselaars en koeltorens met vullichamen.

##### **4.3.1.1 Recirculerende open koeltorens met interne warmtewisselaars**

Bij koeltorens met interne warmtewisselaars wordt het af te koelen medium gevoerd door een pijpenbundel (meestal een condensor) die zich in de koeltoren bevindt. Door water langs de condensor te voeren wordt deze afgekoeld. Dit type koeltoren wordt ook wel verdampingscondensor genoemd aangezien het koeleffect voornamelijk bereikt wordt door verdamping van water.



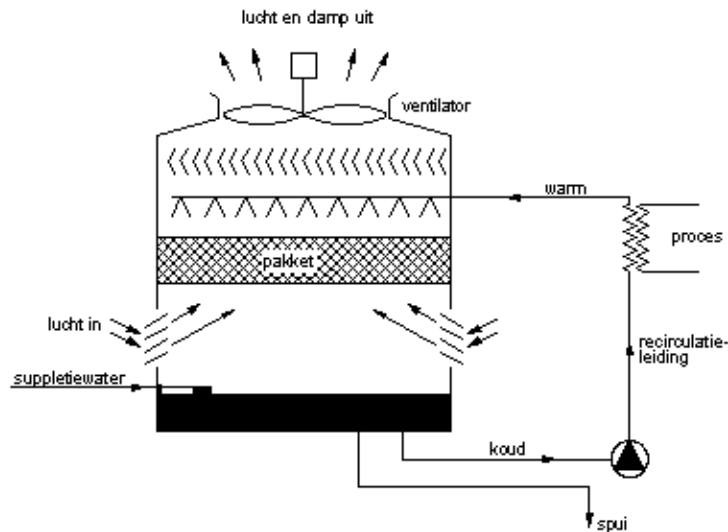
Figuur 6 Recirculerende open koeltoren met inwendige warmtewisselaar

#### 4.3.1.2 Recirculerende open koeltorens met vullichamen

Bij koeltorens met vullichamen wordt het water over vullichamen gevoerd en hierbij in contact gebracht met lucht in tegenstroom of kruisstroom. De vullichamen dienen hierbij ter vergroting van het contactoppervlak water/lucht. Als vullichaam worden vaak pakketten van kunststof (of andere materialen) gebruikt, die een groot inwendig oppervlak hebben. Het water stroomt hierbij in een dunne film over het oppervlak van de pakketten (filmpakketten). Hierbij vindt een optimaal contact plaats tussen lucht en water waarbij water verdampt en het koelwater afkoelt. Bij gebruikmaking van water van een minder goede kwaliteit wordt ook wel gebruik gemaakt van meer robuuste vullingen met een minder groot inwendig oppervlak (open pakketten) [Puckorius 1995b][respondent].

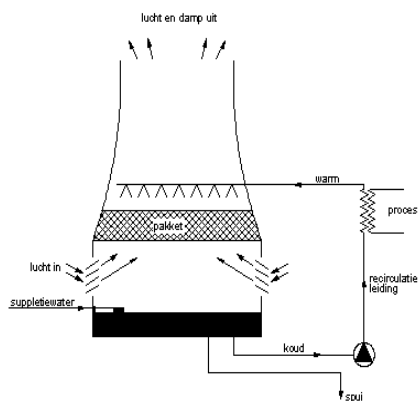
Het in de koeltoren gekoelde water dient ter koeling van de aangeschakelde processen en wordt hierbij weer opgewarmd. Dit opgewarmde water wordt vervolgens gerecirculeerd naar de koeltoren om opnieuw te worden afgekoeld.

In figuur 7 en 8 zijn recirculerende open koeltorens met vullichamen weergegeven met gedwongen trek respectievelijk natuurlijke trek (hyperboolvormige koeltoren)



*Figuur 7 Recirculerende open koeltoren met gedwongen trek*

OPEN RECIRCULEREND NATTE KOELTOREN MET NATUURLIJKE TREK

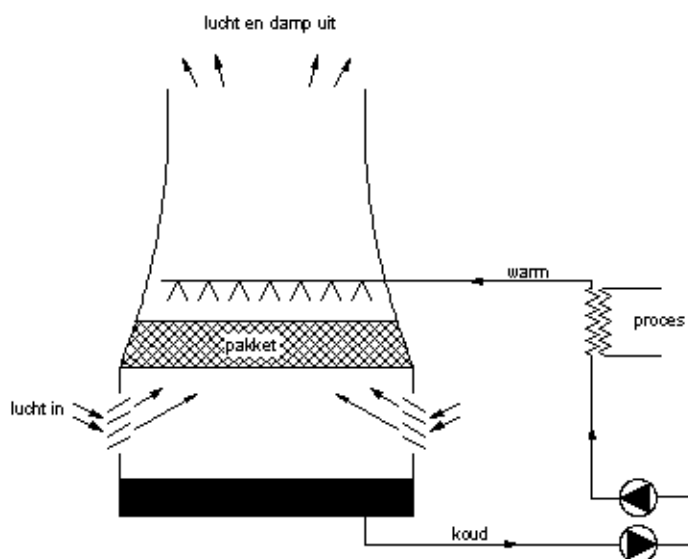


*Figuur 8 Recirculerende open koeltoren met natuurlijke trek*

#### **4.3.2 Eenmalig doorstroomde systemen met koeltoren**

Op een aantal locaties wordt gebruik gemaakt van eenmalig doorstroomde systemen met koeltoren. Hierbij wordt de koelwaterstroom opgewarmd door vrijkomende proceswarmte. Daar de opgewarmde koelwaterstroom te warm is om zonder meer geloosd te worden, dient deze weer afgekoeld te worden om aan de lozingsnorm te

voldoen. Dit gebeurt in het algemeen met eenmalig doorstroomde koeltorens met vullichamen, waarbij de koeling wordt verkregen door verdamping van een klein gedeelte van het te koelen water. Het water wordt hierna niet gerecirculeerd naar de processen, maar geloosd (zie figuur 9).



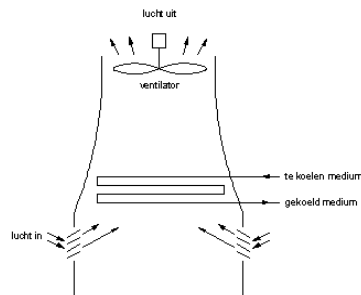
*Figuur 9 Eenmalig doorstroomd systeem met koeltoren*

#### 4.4 Droge koeltorens

Bij droge koeltorens vindt warmteoverdracht plaats naar de lucht, door lucht langs een pijpenbundel te voeren. Er is hier sprake van luchtgekoelde koeltorens met inwendige warmtewisselaar. Het te koelen medium kan een vloeistof zijn die verder wordt gekoeld of een damp die wordt gecondenseerd. In het laatste geval spreekt men van een luchtgekoelde condensor. Net als bij de open natte koeltorens kunnen uitvoeringsvormen met natuurlijke trek en met gedwongen trek worden onderscheiden.

Luchtgekoelde koeltorens worden vaak gebruikt om processtromen met een hoog temperatuurniveau ( $>80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) af te koelen. Vanwege de geringe warmtecapaciteit van lucht ( $1\text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ ) is een grote hoeveelheid lucht benodigd en vanwege de geringe warmteoverdrachtscoëfficiënt is het benodigde warmteoverdragend oppervlak groter dan bij gebruik van waterkoeling.

LUCHTGEKOELDE KOELTOREN MET INWENDIGE WARMTEWISSELAAR



*Figuur 10 Luchtgekoelde koeltoren*

#### 4.5 Hybride systemen

Deze systemen bestaan uit een combinatie van een natte en een droge koeltoren. De hybride koeltoren kan worden bedreven als een puur natte koeltoren of als combinatie van een droge en natte koeltoren afhankelijk van de gevraagde koelhoeveelheid en omgevingstemperatuur.

Deze systemen zijn met name ontworpen om pluimvorming door condenserende waterdamp en daarmee mogelijke hinder van de omgeving, te voorkomen. Dit wordt bereikt door de in de koelpakketten met waterdamp verzadigde luchtstroom langs een warmtewisselaar te leiden. Hierdoor wordt de luchtstroom verwarmd en met waterdamp onderverzadigd en treedt condensatie minder snel op.

#### 4.6 Overzicht meest gangbare systemen

Momenteel zijn de volgende systemen het meest gangbaar in Nederland [expert judgement].

##### *Kleine koelsystemen (<200 kW)*

- luchtkoeling met geforceerde luchtstroming (par. 4.4);
- recirculatie waterkoeling met kleine koeltorens met vullichamen; uitvoeringsvorm vaak kunststof of gecoat staal (par. 4.3.1.2);
- recirculatiesystemen met koeltorens met warmtewisselaars; vaak verdampingscondensators (par. 4.3.1.1).

*Middelgrote tot grote systemen (200-100.000 kW)*

- recirculatiesystemen met natte koeltorens met vullichamen, ofwel modulair opgebouwd ofwel op maat gemaakt (par. 4.3.1.2);
- doorstroomsystemen met oppervlaktewater (par. 4.3.2).

#### **4.7 Gebruikte watersoorten**

Bij recirculerende systemen dient het koelwater ter koeling van een andere processtroom. Watersoorten die als zodanig worden toegepast zijn:

- oppervlaktewater; veelal bij grote koelsystemen en hoog waterverbruik;
- grondwater; bij voldoende laag ijzergehalte;
- leidingwater;
- industriewater;
- effluent;
- proceswater, bijvoorbeeld brüdencondensaat; een condensaat in de melkindustrie dat veel wordt gebruikt voor koeldoeleinden;
- mengsels van verschillende watersoorten.

Al deze watersoorten kunnen alvorens te worden toegepast een behandeling ondergaan. Veel toegepaste technieken zijn: (grove) filtratie, ontijzering en (deel)ontharding. Ook met membraanfiltratie behandelde en gedemineraliseerde watersoorten worden wel als suppletiewater gebruikt.

Bij eenmalig doorstroomde systemen wordt voornamelijk gebruikt gemaakt van:

- oppervlaktewater
- grondwater

#### **4.8 Systeemtemperaturen**

Voor de selectie / ontwerp van een koeltoren zijn begrippen als temperatuurtraject en approach van belang [EC 2000].

- Het temperatuurtraject is het temperatuurverschil tussen het in- en uitredende water; ook wel koelbereik genoemd;
- De approach is het temperatuurverschil tussen het uitredende water en de laagst mogelijk bereikbare temperatuur. Voor een natte koeltoren is dit de natte boltemperatuur, terwijl dit voor een droog systeem de luchttemperatuur is. (De natte boltemperatuur is de laagste temperatuur tot waar de lucht gekoeld kan worden door adiabatische verdamping. De natte boltemperatuur is altijd gelijk aan (100 % relatieve luchtvochtigheid) of lager (<100% relatieve luchtvochtigheid) dan de heersende luchttemperatuur.)

Bij recirculerende systemen is de ingaande voedingwatertemperatuur afhankelijk van het doorlopen traject voorafgaand aan intrede in de koeltoren (primaire koelsysteem). In het koelsysteem als geheel treedt enerzijds (lokaal) opwarming op

door uitwisseling van warmte afkomstig van de te koelen processen, anderzijds treedt door verdamping afkoeling op. Dit betekent dat in het recirculerende systeem lokaal relatief grote temperatuurverschillen optreden.

De minimumtemperatuur die het uitgaande water kan bereiken ligt in de ordegrootte van 4 °C boven de natte boltemperatuur.

Bij eenmalig doorstroomde systemen is de temperatuur van het ingaande koelwater afhankelijk van de doorlopen processen voorafgaand aan intrede in de koeltoren.

De minimumtemperatuur die het uitgaande water kan bereiken ligt ook hier in de ordegrootte van 4 °C boven de natte boltemperatuur.

#### 4.9 Koeltorens als onderdeel van het totale koelsysteem

Het totale primaire koelsysteem, dat wil zeggen het leidingsysteem van en naar de koeltoren en de koeltoren zelf, kan gevoelig zijn voor de groei van legionella-bacteriën, ten gevolge van de daar heersende temperaturen en mogelijke aanwezigheid van langzaam of niet stromend water. Verder speelt het ontwerp en de materiaalkeuze van het primaire koelsysteem een rol bij de gevoeligheid voor groei van *Legionella*.

In de praktijk wordt een groot aantal verschillende processystemen afgekoeld door warmteoverdracht naar primaire koelsystemen met grote verschillen in uitvoeringsvorm. Daaraan gekoppeld zijn ook weer verschillende soorten koeltorens. Er bestaat zodoende een groot aantal mogelijke configuraties. Het is ondoenlijk om al deze processystemen apart te benoemen.

Wel komen enkele configuraties vaak voor [expert judgement];

- Natte koeltoren en koelmachine (vaak airconditioning systemen);
- droge koeltoren als condensordeel van een koelmachine;
- verdampingscondensor als condensordeel van een koelmachine;
- koeltoren en motor;
- koeltoren en processysteem.

In tabel 8 is in grote lijnen aangegeven in welke omgeving de vier typen koeltorensystemen voornamelijk worden aangetroffen.

Tabel 8 *Overzicht toepassing vier typen koeltorensystemen bij een viertal verschillende locatietypen*

	<b>recirc. systeem met interne ww</b>	<b>recirc. systeem met vullichamen</b>	<b>eenmalig doorstroomde systemen</b>	<b>luchtgekoelde systemen</b>
<b>kantoorgebouwen</b>		+		+
<b>ziekenhuizen</b>		+		+
<b>voedingsmiddelen- industrie</b>	+	+		+

<b>procesindustrie incl. elektriciteitscentrales</b>		+	+	
--	--	---	---	--





## 5 Risicoanalyse

### 5.1 Inleiding

Uitgaande van de indeling van luchtbehandelingsystemen en koeltorens in hoofdstuk 3 respectievelijk hoofdstuk 4 is in dit hoofdstuk voor de verschillende systemen een risicoanalyse uitgevoerd. De risicoanalyse is uitgevoerd ter beoordeling van de kans op vermeerdering van *Legionella* in de systemen en de kans op verspreiding van aërosolen door de systemen.

De vermeerdering van *Legionella* wordt versterkt door de volgende risicofactoren [VROM 2000a]:

- een temperatuur tussen 20 °C en 50 °C;
- een lange verblijftijd van het water in de installatie;
- stilstand van het water;
- de aanwezigheid van biofilm en sediment.

De combinaties van risicofactoren zijn bekeken op basis van ontwerpgegevens en inzicht in de werking van de systemen waarbij geen rekening is gehouden met locatiespecifieke omstandigheden, zoals bijvoorbeeld een hoge ruimtetemperatuur, materiaalgebruik en de voorgeschiedenis van het voedingswater.

Bij het beoordelen van de kans op blootstelling aan *Legionella* afkomstig uit een koeltorensysteem of luchtbehandelingsinstallatie is een onderscheid gemaakt tussen de kans op groei in het systeem en de kans op verspreiding (van aërosolen) door het systeem (zie hoofdstuk 2). Bij het uitvoeren van de risicoanalyse is geprobeerd deze kansen afzonderlijk te kwalificeren.

Voor de groei van *Legionella* in het systeem is een risicokwalificatie gegeven die is opgesteld op basis van de door TNO/Novem ontwikkelde methode uit de Tijdelijke regeling legionellapreventie in leidingwater. De bij deze methode gehanteerde omschrijvingen zijn gebaseerd op leidingwater en zijn daarom aangepast (tabel 9).

Tabel 9 Betekenis symbolen voor risicokwalificatie groei van *Legionella*.

Beoordeling	Omschrijving
- - -	optimale groeicondities door optimale temperatuur en lange verblijftijd zodat zeer hoge concentratieniveaus ontstaan
- -	condities waarbij groei kan plaatsvinden en de verblijftijd voldoende lang is om gevaarlijke concentratieniveaus te bereiken
-	condities waarbij groei kan plaatsvinden maar een korte verblijftijd voorkomt hoge concentratieniveaus
O	neutrale situatie, geen groei en ook geen afdoding
+	beperkte afdoding; voldoende hoge temperatuur voor afdoding in combinatie met een korte verblijftijd bij die temperatuur
++	aanzienlijke afdoding; voldoende hoge temperatuur voor afdoding in combinatie met een beperkte verblijftijd bij die temperatuur
+++	sterke afdoding; voldoende hoge temperatuur en een lange verblijftijd bij die temperatuur

De theoretische risicoanalyse in de laatste paragraaf is getoetst aan de in het kader van dit onderzoek geïnventariseerde literatuurgegevens, reacties van respondenten en resultaten van de enquête.

## 5.2 Risicoanalyse luchtbevochtigers

### 5.2.1 Algemene aandachtspunten

Bij deze risicoanalyse van de luchtbevochtigers is er van uitgegaan dat in het aangevoerde water *Legionella* niet aantoonbaar is. In een aantal gevallen (afhankelijk van de lokale omstandigheden) zal dit door een risicoanalyse uitgevoerd in het kader van de Tijdelijke regeling legionellapreventie in leidingwater [VROM 2000a] ook zijn vastgesteld.

Daarnaast mag ook de aangevoerde luchtstroom geen *Legionella* bevatten. Er moet dus voor worden gewaakt dat er kortsluitstromen tussen de pluim van bijvoorbeeld een koeltoren en de luchtinlaat van de luchtbevochtiger kunnen ontstaan.

Luchtbevochtigers kunnen worden onderverdeeld in de volgend vier groepen:

1. sproeibevochtigers,
2. besproeiings- of bevoeiingsbevochtigers met een verdamperlichaam,
3. verstuivings- en ultrasonoorbevochtigers,
4. stoombevochtigers.

De luchtbevochtigers zullen in de risicoanalyse worden beoordeeld op de aanwezigheid van risicofactoren.

Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in:

- a) essentiële voorwaarden noodzakelijk voor groei;
- b) groeibevorderende omstandigheden;

c) kans op verspreiding van aërosolen.

ad a:

- Temperatuur tussen 25 en 50 °C. Bij temperaturen tussen 20 en 25 °C kan in combinatie met verblijftijden van het water in het systeem langer dan een week ook uitgroei van *Legionella* plaatsvinden.
- Voldoende verblijftijd *Legionella* in het systeem; Bij vorming van afzettingen en slijmlagen zullen de daarin aanwezige bacteriën altijd lang in het systeem verblijven; in ieder geval voldoende lang om onder gunstige omstandigheden tot vermeerdering te komen. Dit aspect is onafhankelijk van de verblijftijd van het water in het systeem.

ad b:

- Biofilm en sedimentvorming. Sediment kan als groeibodem voor *Legionella* dienen bij de aanwezigheid van voedingscomponenten. Het ontstaan van biofilm en sediment is afhankelijk van de waterkwaliteit, het gebruikte materiaal, de ruwheid van het materiaaloppervlak, het optreden van corrosie en/of kalkafzetting die een opruwing van het materiaal kunnen veroorzaken, water opnemende eigenschappen van het materiaal (hydrofiel, hydrofoob) en de eventueel toegepaste coating (oplosmiddelhoudende coatings laten vaak meer sedimentvorming zien dan oplosmiddelvrije coatings).

ad c:

- *Legionella* kan vanuit de luchtbehandelingskast de verblijfsruimte bereiken door aërosolen (stof- of waterdeeltjes) als transportmedium te gebruiken. Ingeademde aërosolen met een diameter van < 5 micron kunnen tot in de longblaasjes penetreren en op die manier een besmetting veroorzaken met *Legionella* [ISSO 2000].

## 5.2.2 Risicoanalyse

### 1. Sproeibevochtigers

Temperatuur:

Tijdens perioden van stilstand van de bevochtigingssectie, op momenten dat er geen vocht gevraagd wordt, en/of stilstand van de volledige luchtbehandelingskast, bijvoorbeeld 's nachts en gedurende de weekenden, kan door warmtetransmissie naar de luchtbehandelingskast de temperatuur van het water in de opvangbak mogelijk hoger worden dan 25 °C. De kans op opwarming van het water is met name groot als de bevochtigingssectie zich in een ketelhuis bevindt of in algemene zin in de buurt van een warmtebron.

Verblijftijd:

Het water wordt in het algemeen gerecirculeerd. Verblijftijd in de installatie kan mogelijk lang genoeg zijn om legionellavermeerdering mogelijk te maken.

#### Biofilm en sedimentvorming:

De installaties worden in het algemeen gevoed met drinkwater. Dit bevat in beginsel voldoende voedingsstoffen om een biofilm in de installatie, bijvoorbeeld op druppelvangers en andere obstakels (ventilatoren, luchtzijdige bochten, e.d.) in de waterlevel, te laten ontstaan. Ook eventueel gebruikte coatings kunnen hiertoe bijdragen (oplosmiddelhoudende coatings laten vaak meer sedimentvorming zien dan oplosmiddelvrije coatings). Ook neergeslagen stof uit de aangevoerde lucht kan zich als sediment ophopen en als voedingsbodem voor biofilm dienen. Goede filtratie bij de luchtinlaat van de luchtbehandelingskast kan de stofconcentratie reduceren.

#### Aërosolvorming

Omdat water direct versproeid wordt in de luchtstroom, zal er sprake zijn van aërosolvorming. Door toepassing van een druppelvanger zal een deel van de gevormde aërosolen worden afgevangen. Volledige eliminatie van aërosolen, zoals de engelse term "drift eliminator" doet vermoeden, is echter onmogelijk [HSC 2000]. De effectiviteit van de druppelvanger is afhankelijk van het gebruikte type en bepaalt welke grootte aërosol nog zal worden tegengehouden. Indien aërosolen die de druppelvanger passeren niet volledig verdampen voordat ze in de verblijfsruimte terechtkomen, kunnen ze een besmettingsrisico geven. Aërosolen in de vorm van stofdeeltjes afkomstig uit de aangezogen buitenlucht kunnen ook aanwezig zijn en in vochtige toestand dienen als transportmedium voor *Legionella*.

Geconcludeerd kan worden dat sproei-bevochtigers een grote kans geven op zowel groei van *Legionella* als vorming en verspreiding van aërosolen.

#### 2. *Besproeiings- en bevoeiingsbevochtigers met verdamperlichaam*

Aan de risicofactoren "temperatuur", "verblijftijd" en "biofilm en sedimentvorming" wordt op dezelfde wijze voldaan als bij boven genoemde sproei-bevochtigers. Een essentieel verschil is echter dat de bevochtiging van de lucht in dit geval plaatsvindt direct vanuit een waterfilm die over het verdamper- of vullichaam vloeit en niet door verdamping van door versproeiing gevormde aërosolen. De aërosolvorming zal om die reden minder zijn, maar kan niet worden uitgesloten. Door spatten van het besproeiings- of bevoeiingswater kunnen alsnog aërosolen worden gevormd en worden meegevoerd met de luchtstroom.

Geconcludeerd kan worden dat de besproeiings- en bevoeiingsbevochtigers met verdamperlichaam ook een grote kans geven op groei van *Legionella* terwijl de kans op vorming en verspreiding van aërosolen kleiner is dan bij de sproei-bevochtigers.

### 3. Verstuivings- en ultrasonoorbevochtigers

Aan de risicofactoren "temperatuur" en "verblijftijd" wordt in dit geval niet voldaan omdat dit type bevochtigers in het algemeen steeds gevoed wordt met vers (drink)water dat volledig wordt verneveld. Dit betekent dat er geen water wordt opgevangen en gerecirculeerd.

Aërosolvorming speelt wel een rol. Het water bevat in beginsel voldoende voedingsstoffen om een biofilm in de installatie, bijvoorbeeld op obstakels (ventilatoren, bochten, e.d.) in de waternevel, te laten ontstaan. Een goed ontwerp kan de kans op biofilmvorming aanzienlijk beperken.

Geconcludeerd kan worden dat bij deze bevochtigers de kans op groei van *Legionella* in het algemeen klein is terwijl de kans op vorming en verspreiding van aërosolen zeer groot is.

### 4. Stoombevochtigers

Bij stoombevochtigers ontbreken de risicofactoren "temperatuur" en "verblijftijd". Water wordt opgewarmd tot > 100°C waardoor alle in het voedingswater aanwezige legionellabacteriën gedood worden. De verblijftijd is minimaal omdat niet gebruik wordt gemaakt van recirculerend water. Aërosolvorming speelt geen rol. Voorkomen moet worden dat condens op obstakels (ventilatoren, bochten, e.d.) in de stoompluim, kan ontstaan. Een goed ontwerp kan de kans op condensvorming aanzienlijk beperken.

Geconcludeerd kan worden dat bij deze bevochtigers zowel de kans op groei van *Legionella* als de kans op vorming en verspreiding van aërosolen klein is.

#### 5.2.3 Samenvatting en conclusie risicoanalyse luchtbevochtigers

Mede op basis van de symbolen in tabel 9 zijn de kansen op blootstelling aan *Legionella* uit luchtbevochtigers en daarmee het besmettingsrisico gekwalificeerd volgens tabel 10.

Tabel 10 Kwalificatie risico's luchtbehandelingsinstallaties

systeem	kans op:		
	groei	kwalificatie	verspreiding (aërosolen)
sproei-bevochtigers	groot	--	zeer groot
besproeiings- of bevoeiingsbevochtigers met verdamperlichaam	groot	-/-	matig

verstuiwings- en ultrasonoorbevochtigers	klein	0	zeer groot
stoombevochtigers	zeer klein	+++	klein

Van alle bevochtigingsinstallaties geven sproei- en bevoeiingsbevochtigers (met of zonder vullichaam) door recirculatie van het water in combinatie met mogelijke opwarming van het water de grootste kans op vermeerdering van *Legionella*. Omdat bij verstuiwings- en ultrasonoor verstuiwers de installatie telkens met vers drinkwater wordt gevoed (geen recirculatie) is de kans op groei in dit geval klein en wordt bepaald door de historie van het voedingswater (mogelijk opwarming in toevoerleiding).

De kans op verspreiding van gevormde aërosolen is bij de sproei-bevochtigers en de verstuiwings- en ultrasonoorbevochtigers het grootst omdat in beide gevallen water wordt verneveld. Hierbij moet worden opgemerkt dat bij een goed ontwerp van de luchtbehandelingsinstallatie de gevormde aërosolen verdampt zullen zijn voordat de lucht aan de ruimte wordt toegevoerd.

Stoombevochtigers geven vanwege de hoge temperatuur en het ontbreken van aërosolvorming vrijwel geen kans op vermeerdering en verspreiding van *Legionella*.

### 5.3 Risicoanalyse koeltorensystemen

#### 5.3.1 Algemene aandachtspunten

In de praktijk is het bij koeltorensystemen die gevoed worden door oppervlaktewater zeer aannemelijk dat een aantoonbare concentratie *Legionella* in het aan te voeren water aanwezig is. Bij deze risicoanalyse van de koeltorensystemen is er echter van uitgegaan dat in het aangevoerde water *Legionella* niet aantoonbaar is.

Bij koeltorens kunnen verder omgevingsfactoren een rol spelen. Hierbij moet gedacht worden aan factoren als stofneerslag en inval van bladeren die de biofilmvorming en sediment in de systemen kunnen bevorderen. Ook het voorkomen van vluchtige verbindingen in de lucht kan biofilmgroei versterken.

In het systeem zouden geen dode leidingen of niet meecirculerende delen (dode hoeken) moeten zitten.

Koeltorensystemen kunnen worden onderverdeeld in de volgende vier hoofdgroepen:

1. recirculerende open watergekoelde koeltorens met interne warmtewisselaar;
2. recirculerende open natte koeltorensystemen met vullichamen (al of niet met geforceerde trek);
3. éénmalig doorstroomde systemen met koeltoren;
4. droge of luchtgekoelde koeltorens met interne warmtewisselaar.

De eerste twee hoofdgroepen zullen in het kader van de risicoanalyse samen worden beschouwd.

De koeltorensystemen zullen in de risicoanalyse worden beoordeeld op de aanwezigheid van risicofactoren.

Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in:

- a) essentiële voorwaarden noodzakelijk voor groei,
- b) groeibevorderende omstandigheden;
- c) kans op verspreiding van aërosolen.

ad a:

- Temperatuur tussen 25 en 50 °C. Bij temperaturen tussen 20 en 25 °C kan in combinatie met verblijftijden van het water in het systeem langer dan een week ook uitgroei van *Legionella* plaatsvinden.
- Voldoende verblijftijd *Legionella* in het systeem; Bij vorming van afzettingen en slijmlagen zullen de daarin aanwezige bacteriën altijd lang in het systeem verblijven; in ieder geval voldoende lang om onder gunstige omstandigheden tot vermeerdering te komen. Dit staat los van de verblijftijd van de waterfase, die kan best kort zijn.

ad b:

- Biofilm en sedimentvorming. Sediment kan als groeibodem voor *Legionella* dienen bij de aanwezigheid van voedingscomponenten. Het ontstaan van biofilm en sediment is afhankelijk van de waterkwaliteit, de ruwheid van het materiaaloppervlak, optreden van corrosie en/of kalkafzetting die een opruwing van het materiaal kunnen veroorzaken, water opnemende eigenschappen van het materiaal (hydrofiel, hydrofoob) en de eventueel toegepaste coating (oplosmiddelhoudende coatings laten vaak meer sedimentvorming zien dan oplosmiddelvrije coatings).

ad c:

- *Legionella* kan vanuit het koeltorensysteem de omgeving bereiken door aërosolen (stof- of waterdeeltjes) als transportmedium te gebruiken. Beschreven is dat aërosolen onder sommige omstandigheden relatief grote afstanden kunnen overbruggen [Addiss 1989]. Ingeademde aërosolen met een diameter van < 5 micron kunnen tot in de longblaasjes penetreren.

### 5.3.2 Risicoanalyse

1. *Recirculerende open koeltorensystemen met vullichamen (al of niet met geforceerde trek) en open koeltorensystemen met interne warmtewisselaars.*

Temperatuur:

Koeltorens worden in beginsel gebruikt om opgewarmd (proces)water te koelen. Het koeltorenwater zal hierdoor vaak een temperatuur aannemen die hoger is dan 25°C.



In periodes van stilstand zal het koeltorenwater de omgevingstemperatuur aannemen.

Verblijftijd:

Het water wordt in het algemeen gerecirculeerd. Verblijftijd in de installatie kan mogelijk lang genoeg zijn om legionellavermeerdering mogelijk te maken.

Biofilm en sedimentvorming:

De installaties worden gevoed met suppletiewater waarvoor (combinaties van) oppervlaktewater, grondwater, industriewater, drinkwater, effluent van een afvalwaterzuivering en proceswater kunnen worden gebruikt. Afhankelijk van het soort suppletiewater dat wordt toegepast zal het water in beginsel voldoende voedingsstoffen bevatten om een biofilm in de installatie te laten ontstaan. Bij gebruik van effluent van een afvalwaterzuivering uiteraard meer dan bij gebruik van drinkwater. Het koelwater wordt over een vullichaam geleid. Dit vullichaam heeft een groot intern oppervlak en bestaat veelal uit niet-hoogwaardige kunststoffen met een hoge biofilmvormingspotentie. Dit betekent dat op deze materialen uitgaande van een vaste watersamenstelling in vergelijking met andere materialen relatief veel biofilm kan worden gevormd.

Aërosolvorming:

Omdat water stroomt over vullichamen waarover een forse luchtstroom geleid wordt, is er als gevolg van spatverliezen sprake van aërosolvorming.

Door toepassing van een druppelvanger zal een deel van de gevormde aërosolen kunnen worden afgevangen. Ook de druppelvangers bij koeltorens zullen eerder zorgen voor een reductie van de hoeveelheid aërosolen dan een volledige eliminatie (zoals de engelse term “drift eliminator” doet vermoeden [HSC 2000]). De effectiviteit van de druppelvanger is afhankelijk van het gebruikte type en bepaalt welke grootte aërosol nog zal worden tegengehouden (bijvoorbeeld bij een bepaald type druppelvanger zullen aërosolen kleiner dan 40 µm niet meer worden tegengehouden). Een deel van de aërosolen zal de druppelvanger passeren. Het water afkomstig uit de druppelvanger vloeit meestal terug in de recirculatiebak.

Geconcludeerd kan worden dat deze koeltorensystemen een grote kans geven op vermeerdering en verspreiding van *Legionella* en op verspreiding van aërosolen.

## 2. Eenmalig doorstroomde koeltorensystemen

Temperatuur:

Ook in dit type koeltorensystemen kan de temperatuur van het koelwater oplopen tot meer dan 25°C door het onttrekken van warmte aan het te koelen (proces)water. In periodes van stilstand zal het koeltorenwater de omgevingstemperatuur aannemen.

Verblijftijd:

Deze koeltorensystemen onderscheiden zich door het feit dat er geen circulatie plaatsvindt van het koelwater. De verblijftijd is dus kort zodat er in de toren een kleine kans is op vermeerdering van *Legionella*. Maar het moet zeker niet worden uitgesloten dat na een periode van stilstand in het water wel een vermeerdering heeft kunnen optreden van *Legionella*.

Ten aanzien van biofilm- en sedimentvorming en ten aanzien van aërosolvorming zijn er geen verschillen met de recirculerende open koeltorensystemen met vullichamen of interne warmtewisselaars zoals hiervoor besproken.

Geconcludeerd kan worden dat dit type koeltorens een matige kans geeft op vermeerdering van *Legionella* terwijl de kans op verspreiding van aërosolen overeenkomt met die van recirculerende open koeltorens met vullichamen of met interne warmtewisselaars.

### 3. Luchtgekoelde koeltorensystemen

In deze koeltorensystemen wordt er geen gebruik gemaakt van water maar van lucht. Hoewel de temperatuur van de lucht zeker zal oplopen tot een temperatuur boven de 25°C, kan er daarin geen legionellavermeerdering optreden. *Legionella* groeit alleen in waterige milieus. Ook zal in dergelijke systemen geen sprake zijn van biofilmvorming of van aërosolvorming.

Dit soort koeltorens zijn inherent *Legionella*-veilig. Indien de gesloten fase een waterfase is, bestaat er bij onderhoud aan deze fase wel een kans op blootstelling aan aërosolen.

#### 5.3.3 Samenvatting en conclusie risicoanalyse koeltorensystemen

Mede op basis van de symbolen in tabel 9 kunnen de kansen op blootstelling aan *Legionella* uit koeltorensystemen en daarmee het besmettingsrisico worden gekwalificeerd zoals weergegeven in tabel 11.

Tabel 11 Kwalificatie risico's koeltorens

systeem	kans op:		
	groei	kwalificatie	verspreiding (aërosolen)
recirculerende open koeltorens met vullichamen en recirculerende open koeltoren met interne warmtewisselaars (al of niet met geforceerde trek)	groot	- - -	zeer groot

eenmalig doorstroomde systemen met koeltoren	matig	-	zeer groot
luchtgekoelde koeltorens met interne warmtewisselaar	klein	0	klein

Van de koeltorensystemen geven de open koeltorens met vullichamen of interne warmtewisselaars waarbij het koelwater wordt gerecirculeerd de grootste risico's. De risico's ontstaan door een combinatie van gunstige groeiomstandigheden voor *Legionella* op basis van temperatuur en verblijftijd en de grote kans op het ontstaan en verspreiden van aërosolen.

De kans op vorming en verspreiden van aërosolen is bij eenmalig doorstroomde koeltorensystemen vergelijkbaar, maar in dit geval blijft de kans op vermeerdering van *Legionella* beperkt tot periodes van stilstand.

Luchtgekoelde koeltorens zijn inherent veilig.

#### 5.4 Totale risicobeschuwing luchtbevochtigers en koeltorensystemen

Uitgaande van de risicofactoren voor vermeerdering van *Legionella* geven luchtbehandelingsinstallaties met luchtbevochtiging op voorhand een kleinere kans op vermeerdering van *Legionella* dan koeltorens. Dit komt in de eerste plaats door het gebruik van drinkwaterkwaliteit voor de bevochtiging van lucht terwijl voor koelwater ook andere watertypes kunnen worden gebruikt die (ook na behandeling) aanleiding kunnen geven tot meer biofilm- en sedimentvorming. In de tweede plaats is de luchtbevochtiging gekoppeld aan de koudwatervoorziening zodat ten opzichte van koeltorens in algemene zin lagere temperaturen mogen worden verwacht. In de derde plaats zijn luchtbehandelingssystemen over het algemeen minder complex dan koelsystemen zodat bijvoorbeeld de kans kleiner is op de aanwezigheid van dode leidingen en dode hoeken in het systeem.

Afhankelijk van lokale omstandigheden zal in het kader van de Tijdelijke regeling legionellapreventie in leidingwater mogelijke opwarming van de koudwater-voeding naar de luchtbevochtiger via een risicoanalyse worden aangepakt. Hiervoor bestaat echter geen garantie aangezien de luchtbevochtiger zelf niet valt onder de regeling (en er daarmee niet automatisch sprake is van een tappunt met relevante aërosolvorming).

Op basis van literatuuronderzoek naar de relatie tussen *Legionella* en koeltorens c.q. luchtbevochtigingsinstallaties (zie hoofdstuk 7.5) kan worden geconcludeerd dat in vrijwel alle aangetroffen casebeschrijvingen van legionellosebesmettingen sprake is van gebouwgebonden koeltorens die zijn gekoppeld aan de klimaatbeheersing van het gebouw. Het gaat hierbij vrijwel uitsluitend om open koeltorensystemen met vullichamen of interne warmtewisselaar (verdampingscondensor) waarbij het koelwater wordt gerecirculeerd. Dit bevestigt het beeld van de risicoanalyse in tabel 11 en voegt daar aan toe dat in de praktijk met name de kleinschalige gebouwgebonden koeltorens de grootste besmettingsrisico's geven. Uit de

casebeschrijvingen kan worden afgeleid dat het grote besmettingsrisico ontstaat door de korte afstand tussen koeltoren en openstaande ramen, ventilatieopeningen en inlaten van het luchtbehandelingssysteem. In een aantal gevallen is rooktracers gebruikt om de “kortsluiting” te kunnen aantonen [O’Mahoney 1989] [Dondero 1980]. Het grote besmettingsrisico zou ook simpelweg kunnen worden verklaard uit de grote aantallen koeltorensystemen voor comfortkoeling in relatie tot bijvoorbeeld industriële koelsystemen.

Slecht onderhoud en onvoldoende beheer aan deze installaties wordt in een groot aantal van casebeschrijvingen genoemd als de belangrijkste oorzaak. Gesprekken met een koeltorenbouwer en een waterbehandelingsfirma bevestigden dit beeld [mondelijke informatie respondenten]. Andere in de literatuur genoemde oorzaken zijn stilstand van de installatie gedurende bepaalde periodes in het jaar en besmetting van de (nog niet gebruikte) koeltoren door inwaaien van gronddeeltjes tijdens bouwactiviteiten.

Hierdoor krijgt *Legionella* de kans om zicht te vermeerderen in een systeem waarvan is vastgesteld in de risicoanalyse dat de kans op verspreiding van aërosolen groot is. Dat het onderhoud en beheer aan deze systemen vaak onvoldoende is, kan op de volgende manieren worden verklaard:

- Het functioneren van een gebouwgebonden koeltoren als onderdeel van de klimaatbeheersing is in vergelijking met industriële koeltorens veelal minder kritisch (alhoewel er bij uitval wel snel klachten zijn te verwachten). Van een industriële koeltoren mag worden verwacht dat deze vaker een essentiële schakel is in het productieproces, zodat goed onderhoud en goed beheer vanuit oogpunt van bedrijfsvoering beter zijn gewaarborgd.
- De verantwoordelijkheid voor het onderhoud en beheer van gebouwgebonden koeltorens is vaak onduidelijk omdat eigenaar en gebruiker (meestal) niet dezelfde zijn. Op dit moment is er geen wettelijke regeling die op dit punt duidelijkheid geeft.
- Het onderhoud aan de gebouwgebonden installatie is uitbesteed aan een onderhoudscontractor die door een lage bezoekfrequentie onvoldoende toezicht heeft.



## **6 Ontwerpeisen en beheersmaatregelen**

### ***Legionella***

#### **6.1 Inleiding**

Uitgaande van de indeling van luchtbehandelingssystemen en koeltorens in hoofdstuk 3 respectievelijk hoofdstuk 4 is in dit hoofdstuk een overzicht gemaakt van de ontwerpeisen en beheersmaatregelen, die voor de verschillende systemen van toepassing zijn, specifiek in relatie tot de legionellaproblematiek.

#### **6.2 Aan luchtbevochtigingsinstallaties te stellen eisen**

##### **6.2.1 Algemeen**

Bij het kiezen van gebouwinstallaties ten behoeve van het scheppen van klimaatomstandigheden staat het behaaglijkheidsgevoel van de mens in de meeste gevallen centraal. De optimale klimaatomstandigheden worden in de eerste plaats bepaald door de mate van activiteit, kleding en verblijfsduur van de mens in de beschouwde ruimte. Wanneer het gebouw als een gegeven wordt beschouwd dan dienen de installaties voor het onderhouden van deze klimaatomstandigheden zorg te dragen. Uiteraard dienen de ontwerpers, bouwkundigen zowel als installatiedeskundigen, de wisselwerking tussen gebouw en installaties goed te doorgronden en ook hierin naar een optimum te streven.

Op deze manier ontstaat in samenspraak met de opdrachtgever / gebruiker een Programma van Eisen dat voor ontwerpers maatgevend zal zijn voor de gebouwinstallaties. Het opstellen van een Programma van Eisen dient met zorg te geschieden daar het stellen van al te grove grenzen aan de te handhaven klimaatcondities tot een overmaat aan klachten leidt, terwijl te krappe grenzen tot (onnodig) hoge investerings- en energiekosten leiden.

Ventilatie of verversing van de in de ruimten aanwezige lucht is noodzakelijk. Voor woongebouwen dient de norm NEN 1087 "Ventilatie voor woongebouwen" te worden aangehouden.

Luchtbevochtiging wordt toegepast omdat gedurende 10 tot 20% van de tijd van het jaar de luchtvochtigheid in een verwarmd gebouw onder de 30% relatieve vochtigheid daalt. Klachten als droge ogen, irritaties van slijmvliezen en hoofdpijn kunnen hiervan het gevolg zijn [Bronsema 1997]. Om statische elektriciteit te voorkomen dient een luchtvochtigheid te worden gehandhaafd die hoger is dan 40 - 45% [CV 26]. Om de luchtvochtigheid boven de 30% te houden wordt in een groot aantal kantoorgebouwen luchtbevochtiging toegepast (volledige

luchtbehandeling). Evenzo is in een groot aantal kantoorgebouwen geen luchtbevochtiger geplaatst (onvolledige luchtbehandeling).

In het ontwerpstadium kunnen keuzes gemaakt worden over het al dan niet toepassen van bevochtiging, het type bevochtiging, toepassen van recirculatie etc.

De keuze van het type bevochtiger is gebaseerd op aspecten als energieverbruik, investeringskosten, exploitatiekosten, programma van eisen, regelbaarheid systeem, wettelijk voorgeschreven eisen (bouwbesluit / arbo / milieu / horeca), soort gebouw / ruimte, opstellingsmogelijkheden, milieueisen (geluidseisen in- extern), transportmogelijkheden, luchtaanzuig- en afvoermogelijkheden, toekomstige vervangingen, energieopwekking, bouwkundige randvoorwaarden en de indeling van het gebouw [PHOE 2000].

### **6.2.2    *Systeemkeuze***

In bepaalde gevallen zou bij de keuze van een bevochtigingssysteem de geringe kans op vermeerdering van *Legionella* in een systeem de doorslag kunnen geven. Maar zoals aangegeven zijn meer aspecten die de keuze bepalen.

In de praktijk spelen energieaspecten vaak een doorslaggevende rol. Het gebouw dient aan bepaalde normen te voldoen met betrekking tot het energieverbruik. Dit komt tot uiting in de energieprestatiecoëfficiënt.

In het algemeen zullen systemen met waterbevochtiging (hoofdstuk 3.4) een betere energieprestatie leveren dan systemen met stoombevochtiging (hoofdstuk 3.5). Systemen met stoombevochtiging verdienen echter vanuit het oogpunt van legionellaveiligheid de voorkeur [Rolloos 1989].

Bij keuze van een systeem met waterbevochtiging dient uit datzelfde oogpunt bij voorkeur te worden gekozen voor een systeem zonder recirculatie (hoofdstuk 3.4.3 verstuivingsbevochtigers) [Ham 1993].

### **6.2.3    *Plaatsing***

#### **6.2.3.1    *Plaatsing van de luchttoevoer***

Bij plaatsing van de luchttoevoerroosters van een luchtbehandelingskast dient rekening gehouden te worden met de mogelijkheid dat er aerosolen afkomstig van bijvoorbeeld koeltorens of verdampingscondensoren uit de omgeving door het luchtbehandelingssysteem kunnen worden aangezogen. De plaats van opstellen moet daarom zodanig worden gekozen dat dit gevaar wordt vermeden [Ham 1993]. Dit kan bijvoorbeeld betekenen dat voorafgaand aan het ontwerpen van het ventilatiesysteem een omgevingsonderzoek wordt uitgevoerd, waarbij de aerosolvormers in kaart worden gebracht. Welke minimale afstand tot een gebouwdeel moet worden gehandhaafd en welke plaats (bijvoorbeeld op de grond of op het dak) moet worden gekozen, wordt in de literatuur niet vermeld [Ham 1993].

### 6.2.3.2 *Plaatsing van de watertoevoer*

Veelal is ten behoeve van de luchtbehandeling in kantoorgebouwen, ziekenhuizen etc. sprake van een aantal achter elkaar geschakelde (behandelings-) eenheden (bijvoorbeeld aanzuig, recirculatie, verwarming, bevochtiging, koeling, transport) met een grote omvang. De behandelingsinstallaties bevinden zich vaak in een technische ruimte. Indien hier (periodiek) hogere temperaturen heersen kan hierdoor een verhoogde kans op groei van *Legionella* ontstaan. Ook in de watervoerende leidingen naar de installatie toe kan groei van *Legionella* optreden.

### 6.2.4 **Ontwerp**

In het ontwerptraject van een luchtbehandelingsinstallatie kan veel gedaan worden om het risico van legionellabesmetting (en andere microbiologische verontreiniging) te reduceren. In eerste instantie wordt in deze paragraaf aandacht besteed aan algemene vereisten die gelden voor alle systemen en te maken hebben met aanzuigen van buitenlucht. Daarna wordt ingegaan op aspecten in het ontwerp die gelden voor de in hoofdstuk 3 onderscheiden soorten luchtbevochtigers.

#### 6.2.4.1 *Ontwerp van de buitenluchtaanzuiging*

Installaties voor ventilatie en luchtbehandeling werden en worden altijd voorzien van stoffilters. De kwaliteit van de in gebouwinstallaties gebruikte stoffilters is in de loop van de jaren gestegen. In kantoren worden overwegend filters met een rendement van ca. 85% (bij deeltjes van 1 micron) toegepast [Bronsema 1995]. In ISSO publicatie 27 worden nuttige aanwijzingen inzake de keuze en het onderhoud van luchtfilters in installaties gegeven [ISSO 1990].

Bij het aanzuigen van buitenlucht van een luchtbehandelingskast kunnen er, bij onvoldoende voorzorgsmaatregelen, op termijn problemen ontstaan met vocht. De luchtfilters moeten droog blijven om effectief te blijven functioneren. Mistdruppeltjes hebben een deeltjesgrootte variërend van 2 – 50 micron [Bronsema 1995] en worden in de filters afgevangen, waardoor de filters nat worden.

Het optimaliseren van aanzuigtechnieken voorkomt dat er in de kanalen en het aanzuiggedeelte van de luchtbehandelingskast een overmatige overlast van water ontstaat. Het plaatsen van een rooster dat regeninslag voorkomt met daarachter een goede druppelvanger is een eerste vereiste.

Daarnaast is een lage luchtsnelheid, gekoppeld aan vloeiend verlopende kanaalaansluitingen van belang. Op enige afstand van de druppelvangers dienen (stof)filters te worden geplaatst. De druppelvanger kan de kleinste druppeltjes, in de vorm van aërosolen, niet tegenhouden. Deze gaan verder het luchtkanaal in en worden door de filters opgevangen.

Bij langdurige regen / mistsituaties kan het gebeuren dat de vochtabsorptie van de filters wordt overschreden en de filters dichtslaan. Hierdoor wordt lokaal de luchtsnelheid vergroot. Bij eventuele druppelvorming uit het filtermedium worden deze daardoor sneller meegevoerd door de luchtstroom en komen op die manier



verder in de installatie terecht. Het plaatsen van een extra druppelvanger achter het filter kan dit probleem niet volledig oplossen, omdat geen aërosolen kleiner dan 10 tot 15 micron worden afgevangen [Bronsema 1995].

Het drooghouden van luchtfilters is de beste manier om problemen met de luchtkwaliteit te voorkomen. Hierbij dient gelet te worden op twee punten:

- regen dient te worden geweerd door een optimale situering, dimensionering en uitvoering van het luchtaanzuigstelsel;
- aërosolen die niet kunnen worden tegengehouden moeten zijn verdampt voor ze het luchtfilter bereiken.

DIN 1946 schrijft voor dat de relatieve vochtigheid in luchtfilters niet hoger dient te zijn dan 90%. Dit kan worden bewerkstelligd door recirculatie met warme lucht, infraroodverwarming of een gladde buisregister.

Verschillende onderzoekers zijn tot de conclusie gekomen dat stof in luchtfilters een goede voedingsbodem kan zijn voor microbiologische groei, vooral als de temperatuur en vochtigheid hiervoor gunstig zijn. Luchtfilters zijn op zich geen gunstige omgeving voor microben omdat de voedingsbodem normaliter arm is en de vochtigheid laag. De effecten van microbiologische groei zijn tweeledig: ontstaan van geur en mogelijk afgifte naar de lucht van allergene componenten (mogelijk doorslag van microben). Vermoed wordt dat hierin mede een oorzaak ligt van het Sick Building Syndrome. [Bronsema 1995], [Bronsema 1997], [Lezersforum 1993], [Bergs 1991], [Rolloos 1989].

Aangeraden wordt de filters regelmatig te vervangen. Voor zwaar belaste filters kan dit oplopen tot eens per maand of twee maanden.

Mogelijk kunnen filters met een kwaliteit 95% Dust Spot Test (beoordelingsmethode voor filters) een vangstrendement van 100% voor *Legionella* behalen. [Ham 1993]. Dit geldt echter alleen indien de filters niet verzadigd zijn met vocht. Deze filters zijn duur en veroorzaken een hoge luchtweerstand en daarmee een hoger energieverbruik. Besmetting door een bron die zich in het gebouw bevindt wordt door toepassing van dit soort filters niet vermeden (bij recirculatietoever na het filter).

Het filtreren van toevoerlucht is ongetwijfeld een nuttige maatregel ter voorkoming van bacteriologische besmetting. Er moet echter de nodige aandacht worden besteed aan tijdige vervanging van de filters en het voorkomen van het vochtig worden van de filters.

#### 6.2.4.2 *Ontwerp sproeibevochtiging*

In hoofdstuk 5 is aangetoond dat door dit type luchtbevochtiger in principe legionellabacteriën kunnen worden overgedragen. De volgende ontwerprichtlijnen kunnen worden toegepast:

##### *Materiaalkeuze*

Gekozen dient te worden voor materialen, die gemakkelijk gereinigd kunnen worden en bestand zijn tegen bij reiniging en desinfectie gebruikte chemicaliën. Voorbeelden van deze materialen zijn bepaalde kunststoffen (bijvoorbeeld PVC, PE) en gecoat staal. De kans op afzetting van anorganische verbindingen en biofilmvorming spelen bij de keuze ook een rol.

##### *Toegankelijkheid*

De installatie dient bij voorkeur goed toegankelijk te zijn zodat het systeem eenvoudig kan worden gereinigd.

##### *Druppelvangsters*

In het ontwerp dienen bij voorkeur druppelvangsters te worden opgenomen. Over de afmetingen van druppels of aerosolen die hierdoor kunnen worden afgevangen bestaat geen overeenstemming. Genoemd worden minimum waarden van 1 micron tot 40 micron. Rolloos noemt voor afmetingen van deeltjes die legionellabacteriën bevatten een waarde tussen 0,4 en 5 micron [Rolloos 1989]. Dit betekent dat niet alle druppels, waarin zich legionellabacteriën kunnen bevinden, door druppelvangsters worden afgevangen.

##### *Waterdistributie*

Het waterdistributiesysteem dient zodanig te zijn ontworpen dat dode hoeken en stilstaand water worden vermeden.

##### *Automatische leegloop*

Dit soort apparatuur dient bij voorkeur zodanig te worden ontworpen dat automatische leegloop optreedt als het systeem uit bedrijf gaat.

##### *Waterafvoer*

De bak dient bij voorkeur eenvoudig te kunnen worden gelegegd en gereinigd. Dit betekent dat de bak bij voorkeur op afschot moet worden gelegd, waarbij op het laagste punt een afvoer aanwezig is.

##### *Systeemontwerp*

Het verdere systeemontwerp dient dusdanig te zijn dat vorming van nevelneerslag op installatieonderdelen (druppelvangsters, naverdampers, bochten, vernauwingen, ventilator, enz) in het systeem wordt voorkomen. De afvoer van spuiwater moet ontlast zijn van het rioleringsysteem om terugstroming vanuit het rioolnet te

voorkomen. Verder is het vermijden van stilstaand water in condensaatafvoer, luchtbehandelingskast en luchtkanalen van belang.

Het suppletiewater dient van drinkwaterkwaliteit te zijn. Een terugstroombeveiliging dient aanwezig te zijn. Het voedende drinkwaterleidingsstelsel dient geen legionellabacteriën te bevatten.

#### *Stromingspatroon*

Een uniforme flow van lucht door de kast en gelijkmatige verdeling van water dient te worden gewaarborgd.

Alle bovengenoemde ontwerprichtlijnen worden in de literatuur genoemd. Verwezen wordt naar [Rolloos 1989] en [Ham 1993].

#### 6.2.4.3 *Ontwerp besproeiing / bevoeiing van een verdamperlichaam*

Deze soort luchtbevochtigers kan dusdanig worden ontworpen dat druppeltjes (>1 micron) niet aan de uitlaat voorkomen. Dit kan worden bereikt door de lineaire lucht- en lineaire watersnelheid voldoende laag te houden. Hierbij dient tevens rekening te worden gehouden met de aard van het verdamperlichaam [Puckorius 1995a]. Voor deze typen luchtbevochtigers gelden dezelfde ontwerprichtlijnen als voor sproeibevochtigers.

#### 6.2.4.4 *Ontwerp verstuvingsbevochtiging*

Voor deze systemen is in hoofdstuk 5 vastgesteld dat aan de risicofactoren "temperatuur" en "verblijftijd" niet wordt voldaan.

Aërosolvorming speelt wel een rol. Het water bevat in beginsel voldoende voedingsstoffen om een biofilm in de installatie, bijvoorbeeld op obstakels (ventilatoren, bochten, e.d) in de waternevel, te laten ontstaan. Een goed ontwerp kan de vorming van biofilm aanzienlijk beperken.

Het suppletiewater dient van drinkwaterkwaliteit te zijn. Een terugstroombeveiliging dient aanwezig te zijn. Het voedende drinkwaterleidingsstelsel dient geen legionellabacteriën te bevatten.

#### 6.2.4.5 *Ontwerp Stoombevochtigers*

In de risicoanalyse in hoofdstuk 5 is aan deze systemen een laag risico toegekend. Alleen door vochtneerslag op obstakels in de installatie of door een te lage temperatuur kunnen eventueel problemen ontstaan. Een goed ontwerp kan dit effect aanzienlijk beperken. De kans op vorming van nevel op systeemonderdelen wordt verkleind door de montagevoorschriften van de fabrikant strikt op te volgen en de stoombevochtiger te plaatsen in de luchtstroom met de hoogste temperatuur (achter de toevoerventilator) en geen bevochtiging tot boven 75 % relatieve luchtvochtigheid te laten plaatsvinden. Er dient bovendien een beveiliging te worden opgenomen in

het ontwerp waardoor wordt voorkomen dat bij te lage stoomtemperatuur water kan worden versproeid.

### **6.2.5**

### **6.2.6 Beheersmaatregelen in relatie tot Legionella**

In hoofdstuk 3 zijn de luchtbevochtigingsinstallaties onderverdeeld in:

- systemen met sproei-bevochtiging;
- systemen met besproeiing / bevoeiing van verdamperlichamen;
- verstuivingsbevochtigers;
- stoombevochtigers.

Hierna worden beheersmaatregelen in relatie tot *Legionella* benoemd. Vanwege de overeenkomsten in risico's (hoofdstuk 5) worden hierbij de eerste twee genoemde installatiesoorten samen besproken, evenals de laatste twee.

#### *6.2.6.1 Beheersmaatregelen voor systemen met sproei-bevochtiging en systemen met besproeiing/bevoeiing van verdamperlichamen*

Bij deze installaties is een goed beheer en onderhoud noodzakelijk om te komen tot een situatie waarin de kans op groei en verspreiding van legionellabacteriën zoveel mogelijk wordt voorkomen.

#### *Bedrijfsvoering*

Het gebruikte water kan worden behandeld om problemen te voorkomen ten gevolge van corrosie, biologische groei en vorming van afzettingen.

Bij de waterbehandeling kan een onderscheid worden gemaakt tussen behandeling van het suppletiewater (dus voor invoer in het systeem) en behandeling van het recirculerende watercircuit (waterconditionering).

#### *Waterbehandeling van suppletiewater*

Voorbehandeling van suppletiewater kan op verschillende manieren bijdragen aan vermindering van de kans op groei van legionellabacteriën in een luchtbehandelingsstelsel:

- vermindering van inbreng van verontreinigingen die dienen als voedingsstoffen;
- vermindering van inbreng van verontreinigingen die leiden tot afzettingen waardoor sedimentvorming of wandverruwing kunnen optreden waardoor de biofilmvorming wordt versterkt;
- afdoding van *Legionella* in het suppletiewater.

Afhankelijk van de kwaliteit van het ingaande water is al dan niet een voorbehandeling van het water gewenst of vereist. Bovendien kan ook uit economische overwegingen voorbehandeling van suppletiewater voordelen bieden. Dit is bijvoorbeeld het geval bij ontharding van het suppletiewater, waardoor de hoeveelheid spuiwater kan verminderen.

Als suppletiewater wordt drinkwater gebruikt of een watersoort die voldoet aan drinkwaterkwaliteit [expert judgement]. Bedacht moet worden dat hierin

legionellabacteriën voor kunnen komen, met name indien in het waterleiding-systeem voorafgaand aan de luchtbevochtigingsinstallatie groeibevorderende omstandigheden aanwezig zijn. In dat geval dienen verbetermaatregelen te worden getroffen om aan deze situatie een einde te maken. Mogelijkerwijs dient een voorbehandeling te worden toegepast, waardoor de bacteriën worden afgedood of de inbreng van verontreinigingen wordt verminderd.

Tabel 12 Mogelijke voorbehandelingstechnieken voor suppletiewater van luchtbevochtigers

Watersoort	Specifiek toegepaste techniek
Drinkwater	Filtratie: groffiltratie Ontharding: ionenwisseling, membraanfiltratie Ontzouting: demineralisatie, membraanfiltratie; Desinfectie: koper/zilver, UV, waterstofperoxide

Alle in tabel 12 genoemde voorbehandelingstechnieken worden om andere redenen toegepast, maar kunnen van invloed zijn op de aanwezigheid van *Legionella*. Het effect van de technieken op de aanwezigheid van *Legionella* is in tabel 13 nader omschreven.

Tabel 13 Effect processen op *Legionella*

Techniek	Invloed op <i>Legionella</i>
Desinfectie	Afdoding, bacteriostatische werking
Filtratie	Mogelijk afvangen; mogelijk groei in filters en periodiek vrijkomen in achterliggende systeem.
Ontharding ionenwisselaar	Mogelijk afvangen; mogelijk groei in filters en periodiek vrijkomen in achterliggende systeem. (Hiervan zijn specifiek voor <i>Legionella</i> echter geen voorbeelden bekend).
Ontharding membraanfiltratie	Membraan vormt barrière voor bacteriën.

#### Waterbehandeling van recirculatiewater

In recirculerende watersystemen zal vanwege de verdamping van het water en achterblijven van in het suppletiewater aanwezige zouten, het zoutgehalte van het water steeds verder toenemen.

Ter voorkoming van problemen die samenhangen met deze indikking van het recirculerende water dient water te worden gespuid. Indien de indikkingfactor te hoog wordt, zullen onoplosbare zouten (zoals kalk) in het systeem neer kunnen slaan en verstoppingen en corrosie kunnen veroorzaken. Ook kan corrosie ontstaan ten gevolge van een ongeschikte materiaalkeuze in relatie tot de aanwezige

waterkwaliteit. In een door afzettingen vervuild systeem zullen bacteriën en dus ook *Legionella* zich eenvoudiger kunnen vermenigvuldigen dan in een schoon systeem. Het voorkomen van afzettingen heeft zodoende een relatie met het voorkómen van de groei van legionellabacteriën in een systeem. De toelaatbare indikkingfactor in een systeem is afhankelijk van de kwaliteit van het toegevoerde suppletiewater. Dosering van chemicaliën ter voorkoming van het neerslaan van zouten wordt in recirculerende luchtbevochtigingssystemen voor zover bekend niet toegepast en is ook niet aan te raden. [expert judgement]. Aanbevolen wordt om een lage indikkingfactor toe te passen, om vorming van hardheidsafzettingen zoveel mogelijk te voorkomen [Ham 1993]. Gelet op het relatief lage waterverbruik is dit vaak ook economisch het gunstigst [expert judgement].

Wel kan het nog nodig zijn middelen in te zetten ter voorkoming van (micro)-biologische groei. Hierbij is een directe relatie te leggen tussen inzet van het middel en het voorkomen van groei van legionellabacteriën.

Zonder deze beheersmaatregel zal, afhankelijk van de mate van ingedragen verontreinigingen binnen enkele dagen tot weken het koloniegetal in het recirculerende water sterk zijn gestegen.

In tabel 14 is een overzicht gegeven van de soorten waterbehandelingschemicaliën en technieken die in recirculerende luchtbevochtigingssystemen worden toegepast ter directe voorkoming van microbiologische groei.

*Tabel 14 Overzicht waterbehandelingschemicaliën en -technieken voor recirculatiewater in luchtbevochtigers*

<b>Techniek</b>	<b>Middel</b>
Voorkomen (micro)biologische groei	<p>Fysisch: Ultraviolette straling (UV); Photozone.</p> <p>Chemisch: <b>BIOCIDEN CONTINUDOSERING</b> Waterstofperoxide [Ham 1993]; Koper/zilver [Geveke 2000]</p> <p><b>BIOCIDEN DISCONTINU</b> Chloor vloeibaar (chloorbleekloog); Chloor vast (calciumhypochloriet); Waterstofperoxide [respondent]; Ozon [respondent].</p> <p><b>HULPSTOFFEN DISCONTINU</b> Biodispergeermiddelen [respondent]</p>

Hierbij dient te worden opgemerkt dat in geval van systemen waarin zich afzettingen gevormd hebben, desinfectie moeilijker uitvoerbaar is dan in relatief schone systemen.

#### *Doseerregime*

De dosering van chemicaliën (waaronder biocides) kan zowel continu als discontinu worden uitgevoerd. De mogelijkheid om continu chemische middelen te doseren in water voor luchtbevochtigers is beperkt, omdat voorkomen moet worden dat schadelijke stoffen mee verdampen. Continue dosering komt dan ook weinig voor en wordt niet aangeraden. In extreme gevallen, met sterk groeibevorderende omstandigheden (bijvoorbeeld drukkerijen, tabaksindustrie) kan dit echter nodig zijn. Er zijn systemen die werken met continue dosering van peroxide (eventueel gecombineerd met een biodispersant) [Ham 1993] en koper/zilver [Geveke 2000].

Van de genoemde fysische technieken worden bij Photozone met behulp van ultraviolette straling vrije radicalen en ozon in het water gevormd. De concentraties hiervan blijven laag. Toepassing van UV lampen (ultraviolet licht) heeft alleen een lokale werking. De ervaringen hiermee zijn echter goed, vanwege het relatief gering te behandelen volume water ten opzichte van het totale waterdebiet [expert judgement].

Bij systemen die in de praktijk gevoelig blijken voor bacteriologische verontreiniging kan gekozen worden voor automatisch werkende discontinue doseersystemen. Hierbij wordt periodiek (bijvoorbeeld eens per week in de avonduren) een reinigingsprogramma afgewerkt, waarbij de ventilatie wordt uitgeschakeld, een biocide wordt gedoseerd en gerecirculeerd en enkele malen wordt nagespoeld met vers water. Het hierbij gebruikte biocide is veelal waterstofperoxide soms ondersteund door een biodispersant [respondent].

Ook ozon wordt op een dergelijke manier toegepast [respondent]. Hierbij wordt dagelijks, bij uitgeschakelde luchtcirculatie, ozon in de waterbak geïnjecteerd.

Bij de keuze van het type biocide en het in te stellen doseerregime moet rekening worden gehouden met de mogelijke milieu-impact van lozingen van bestrijdingsmiddelen en het feit dat daaraan eisen worden gesteld door de waterkwaliteitsbeheerder. In dit verband kan ook worden verwezen naar het BREF-document van de Europese Unie (H 3.4 “Emissions from cooling water treatment”).

#### *Richtlijnen voor bedrijfsvoering*

Voor het op de juiste wijze bedrijven van een recirculerend systeem met sproei-bevochtiging of een systeem met bevloeiing van een verdamperlichaam dient met de volgende aspecten rekening te worden gehouden:

- reinig en desinfecteer het systeem voorafgaand aan een opstart en na een langere tijd van stilstand;



- voorkom corrosie, vorming van afzettingen en microbiologische groei; het aanhouden van een ruime spuihoeveelheid is aan te raden; het is noodzakelijk om microbiologische groei te bestrijden met een effectieve methode;
- stel een onderhoudsplan vast en noteer de uitgevoerde acties, verbruik van chemicaliën, uitgevoerd onderhoud en eventuele meetresultaten in een logboek;
- inspecteer regelmatig (bijvoorbeeld wekelijks) op de aanwezigheid van aanslag en algen;
- maak de waterbak schoon als slijm, algen en vuil zichtbaar zijn;
- zorg er voor dat filters, druppelvangers en ventilator in goede staat blijven; hierdoor wordt aërosolverspreiding beperkt;
- als dode stukken in het leidingsysteem niet kunnen worden verwijderd dienen deze met name tijdens of na reinigungsacties (inclusief biocidedosering) zo mogelijk te worden doorgespoeld of gespuid;
- test de kleppen in het systeem periodiek, door ze volledig te openen en te sluiten;
- maak het systeem ten minste twee maal per jaar zorgvuldig schoon; hierbij behoort tevens het uitvoeren van een desinfectie met een oxiderend middel;
- laat na leegloop de ventilator draaien tot de pakketten of matten droog zijn.

Bovengenoemde aanbevelingen zijn afkomstig uit verschillende literatuurreferenties [Rolloos 1989], [Ham 1993], [CV 13], [AWT 2000].

Reiniging kan bestaan uit een chemische reiniging, een mechanische reiniging of een combinatie van beide. De volgende criteria kunnen worden aangehouden voor het uitvoeren van een reiniging:

- in algemene zin wordt een regelmatige handmatige reiniging van systemen (variërend van twee maal per jaar tot eens per maand) aangeraden [Rolloos 1989], [Ham 1993], [CV 13], [AWT 2000];
- indien recirculerende waterbevochtigingssystemen vervuild zijn of in geval van periodiek onderhoud dient reiniging van de systemen plaats te vinden;
- indien systemen slechts gedurende een bepaalde periode van het jaar worden bedreven dienen de systemen na de gebruikperiode te worden gereinigd en gedesinfecteerd, waarna het systeem in droge toestand wordt weggezet.
- in geval van een geconstateerde besmetting met *Legionella* kan indien hoge aantallen zijn aangetroffen reiniging noodzakelijk zijn. Deze reiniging dient een combinatie te zijn van mechanisch reinigen en dosering van een biocide.

Een chemische reiniging dient te worden uitgevoerd indien sprake is van vorming van afzettingen; bijvoorbeeld hardheidsafzettingen, ijzerafzettingen of biologische afzettingen. Om te voorkomen dat schadelijke stoffen in de te conditioneren ruimten terecht komen dient chemische reiniging plaats te vinden bij uitgeschakelde luchtstroom. Hierna wordt het water voorzien van chemicaliën en enige tijd gecirculeerd. Vervolgens wordt enige malen nagespoeld met schoon water. Voor

desinfectie worden voornamelijk chloorbleekloog, calciumhypochloriet en waterstofperoxide toegepast. Ook worden wel propionamide en quaternaire ammoniumverbindingen genoemd [CV 13].

Mechanische reiniging door schoonborstelen, schoonspuiten etc. kan ofwel door de eigen dienst, ofwel door een gespecialiseerde firma uitgevoerd worden. Bedacht moet worden dat bij reiniging verontreinigingen (inclusief legionellabacteriën) in de lucht kunnen worden gebracht en hiertegen moeten beschermende maatregelen worden getroffen. Een beschermingsmasker ter voorkoming van inademing van aerosolen via mond en neus (beschermingsklasse P3) dient bij schoonmaakwerkzaamheden te worden gedragen.

Voor situaties waarbij besmetting van het systeem met *Legionella* is geconstateerd worden in de literatuur verschillende reinigingsprotocollen gegeven [AWT 2000], [Dada 1985], [Handboek Water].

Ten slotte dient onderhoud een vast onderdeel uit te maken van de bedrijfsvoering. Zo dienen de ventilator en de toestand van de pakketten, sproeiers, matten en druppelvangers regelmatig te worden geïnspecteerd. Bij beschadiging dienen deze te worden gerepareerd of vervangen.

#### 6.2.6.2 *Beheersmaatregelen voor systemen met verstuivingsbevochtiging en stoombevochtiging*

Voor deze systemen geldt in principe dat bij een juist ontwerp de gevoeligheid voor besmetting met *Legionella* zeer gering of niet aanwezig is. Ook voor deze systemen geldt in algemene zin dat regelmatig inspectie en onderhoud dient te worden uitgevoerd uitgaande van de leveranciersvoorschriften. Een aspect waaraan hierbij aandacht kan worden gegeven is het nagaan of onderdelen vochtig zijn dan wel een biofilm aanwezig is.

#### 6.2.7 *Risicoinventarisatie en monsternemingen*

Algemeen kan gesteld worden dat routinematig testen nodig is voor die luchtbevochtigingssystemen, waarbij risicofactoren aanwezig zijn. Bij risicofactoren dient in dit geval niet alleen te worden gedacht aan risico's in technische zin maar bijvoorbeeld ook aan risico's in de zin van de aanwezigheid van "gevoelige personen".

De volgende factoren worden genoemd als relevant bij een risicoanalyse [AWT 2000]:

- suppletiewaterkwaliteit;
- systeemontwerp;
- bedrijfsvoering;
- vervuilingsgeschiedenis en vervuilingspotentieel;

- gevoeligheid van bewoners.

Het nemen van watermonsters ter controle op *Legionella* kan zinvol zijn bij het vastleggen in hoeverre risico's aanwezig zijn dat wil zeggen bij of na het uitvoeren van een risico-inventarisatie. Verder kan het nemen van watermonsters zinvol zijn bij het vaststellen of preventieve of correctieve maatregelen werkzaam zijn (geweest).

Direct gekoppeld aan de monsterneming dient, uitgaande van de aangetroffen gehalten *Legionella*, via actieniveaus in een actieplan aantoonbaar worden gemaakt dat sprake is van een verhoogd risico met daaraan gekoppeld de benodigde vervolgactie(s) zoals bijvoorbeeld het starten van een schoonmaakprocedure [AWT 2000].

Een juiste interpretatie van de meetresultaten wordt hierbij bemoeilijkt door de volgende aspecten:

- er is geen ondergrens bekend voor een aanvaardbare concentratie van legionellabacteriën in luchtbevochtigssystemen;
- er zijn geen richtlijnen voor de plaats waar een monster genomen dient te worden, terwijl uit informatie blijkt dat de plaats van monsterneming een belangrijke rol speelt [respondent];
- monsterneming heeft niet altijd voldoende voorspellende waarde;

Momenteel vindt in de Nederlandse praktijk slechts op beperkte schaal controle plaats op aanwezigheid van *Legionella* in luchtbehandelingssystemen. Veelal wordt geen bacteriologische controle toegepast of wordt volstaan met een periodieke controle van het totale koloniegetal in de water- of luchtfase [expert judgement]. Het koloniegetal heeft echter geen directe relatie met de hoeveelheid legionellabacteriën die zich in een systeem bevindt [v Werner 1991] [Kiwa 2001].

De bemonsteringsfrequentie kan mogelijk afhankelijk worden gesteld van de resultaten van de risico-inventarisatie. Bij de risico-inventarisatie dient tevens te worden vastgelegd op welke plaats(en) in het systeem bemonsterd dient te worden.

Voor de hoogte van het toelaatbaar aantal legionellabacteriën per liter water in de installatie kan op dit moment geen algemeen geaccepteerde grenswaarde worden gegeven. Gezien de relatief lage kans op groei in luchtbehandelingsinstallaties (in verband met de goede suppletiewaterkwaliteit en veelal lage temperatuur) [Puckorius 1995b] zou voor deze installaties gekozen kunnen worden voor een grenswaarde die gelijk is aan de detectiegrens voor legionellabacteriën.

#### **6.2.8 Kostenaspecten**

De kosten die verbonden zijn met de hierboven beschreven ontwerpcriteria en maatregelen zijn situatieafhankelijk. In algemene zin kan hierover worden gezegd

dat het volgen van het systeemontwerp op basis van de gegeven criteria, niet hoeft te leiden tot kostenverhoging. Veeleer is sprake van “het beter doen met dezelfde middelen”.

De genoemde beheersmaatregelen zijn in feite inherent aan het bedrijven van een luchtbevochtigingsinstallatie. Dit betekent dat in veel gevallen de bestaande methode van waterbehandeling niet of nauwelijks gewijzigd hoeft te worden zodat hier geen extra kosten aan verbonden zijn.

Voor onderhoud en inspectie van de installatie en voor periodieke reiniging zijn de kosten afhankelijk van de omvang van het systeem. In de meeste gevallen zal de tijdsbestedingen enkele mensdagen per jaar bedragen.

Hierbij dient te worden opgemerkt dat in de praktijk de verantwoordelijke voor de installatie over het algemeen een grote afstand heeft tot de installatie (pand is verhuurd, onderhoudscontract afgesloten etc.). Dit betekent dat in het ideale geval de bestaande methode van bedrijfsvoering niet of nauwelijks gewijzigd behoeft te worden en hieraan dus geen extra kosten verbonden zijn, terwijl dit in de praktijk anders kan uitvallen.

Ook dient extra aandacht te worden besteed aan desinfectie en periodieke reiniging van de systemen. In de meeste gevallen kan een periodieke reiniging ingepast worden in het onderhoudsschema en zullen de kosten per jaar hooguit enkele duizenden tot tienduizenden guldens bedragen. Verder dienen metingen te worden vrijgemaakt voor het opzetten en bijhouden van een logboek.

De kosten voor een desinfectiemethode zijn afhankelijk van de wijze van desinfectie. De goedkoopste wijze van desinfectie is met behulp van chloor(bleekloog). Dit wordt alleen gebruikt bij discontinue desinfectie.

De chemicaliënkosten zijn afhankelijk van de hoeveelheid chloor die wordt verbruikt en daarmee afhankelijk van het aantal reinigingen per jaar, de grootte van het systeem, de systeemopzet en de organische belasting in het systeem.

Chloorbleekloog kost ca. f 0,40 per liter (150 gram actief chloor). Daarmee komen de chemicaliënkosten per jaar voor de meeste systemen niet uit boven enkele tientallen guldens en zijn deze dus te verwaarlozen ten opzichte van andere kosten (metingen, transport).

Niet oxiderende biociden en oxiderende broomhoudende biociden worden in vele gevallen onder merknaam door servicefirma's geleverd. Deze middelen worden slechts sporadisch toegepast en alleen discontinu gedoseerd. De chemicaliënkosten lopen uiteen maar bedragen voor de meeste systemen vaak niet meer dan enige honderden guldens per jaar. Ook hier zijn de kosten voor metingen en transport veelal hoger dan de chemicaliënkosten.

Een geautomatiseerd discontinu doseersysteem voor chemische desinfectie kost voor niet al te ingewikkelde omstandigheden enkele duizenden gulden. Een bruikbaar middel is in dat geval waterstofperoxide.

UV apparatuur wordt sporadisch gebruikt. Voor zover bekend is UV apparatuur goed in staat om biologische activiteit in luchtbevochtigingsinstallaties beperkt te houden. De kosten van aanschaf van UV apparatuur zijn afhankelijk van het recirculerende debiet. (Bijvoorbeeld 0,2 m<sup>3</sup>/uur: ca. f 1.000,-; 1 m<sup>3</sup> /uur: ca f 3.000,-; 3 m<sup>3</sup> /uur ca. f 5.000,-). Hierbij dienen de kosten van service en onderhoud (globaal 1 mensdag per jaar) te worden opgeteld. Over de werking van UV straling kan worden opgemerkt dat de werking lokaal is (alleen langstromende organismen worden afgedood) en er geen restwerking zal zijn in de waterbak en pakketten.

Indien periodiek monsters worden genomen en geanalyseerd op *Legionella* bedragen de analysekosten per monster ca. f 150,- tot f 200,-. Verder dienen de monsterophaalkosten worden meegerekend, die afhankelijk zijn van de locatie en het aantal monsters dat wordt onderzocht.

De mogelijkheid bestaat het grootste gedeelte van de benodigde werkzaamheden uit handen te geven aan gespecialiseerde waterbehandelingsfirma's. De frequentie van bezoeken kan hierbij afhankelijk worden gesteld van de bij een risico-inventarisatie aangetroffen omstandigheden. De kosten hierbij zijn afhankelijk van de bestede tijd. Dit kan, afhankelijk van de omvang en aard van de installatie variëren van minder dan een mensdag per jaar tot een tiental mensdagen per jaar [expert judgement].

### **6.3 Aan koeltoreninstallaties te stellen eisen**

#### **6.3.1 Systeemkeuze**

Voor koeltorensystemen dient bij de keuze van een nieuw systeem de aanpak te worden gevolgd, zoals aangegeven in het BREF document koeling [EC 2000]. Dit document is in november 2000 gereed gekomen. Het document beschrijft de Best Available Techniques (BAT) op het gebied van industriële koeling. Het betreft doorstroomkoelers, koeltorens, luchtgekoelde condensors etc. In principe zijn de bedrijven in de lidstaten van de EU vanaf november 2000 gehouden aan het toepassen van dit document bij plannen en opzetten van nieuwe koelsystemen. Voor bestaande koelsystemen dient implementatie uiterlijk in 2007 te worden doorgevoerd.

In het document wordt een integrale benadering gepresenteerd om te komen tot het beste koelsysteem op een bepaalde plaats. Hierbij wordt rekening gehouden met het feit dat dit sterk locatie- en procesafhankelijk is.

Bij deze benadering wordt het traject van systeemkeuze tot bedrijfsvoering onderverdeeld in een drietal stappen.

Stap 1:

Allereerst dient te worden gekeken naar de overall efficiency van het te koelen (industriële) proces en dient deze te worden geoptimaliseerd.

Stap 2:

Na optimalisatie van de energie efficiency blijft een hoeveelheid niet herbruikbare warmte over en dient als tweede stap een selectie voor een koelsysteem te worden gemaakt om deze warmte af te voeren.

Hierbij dient rekening gehouden te worden met de volgende aspecten:

- de koelbehoefte van het proces;
- de locatiespecifieke omstandigheden;
- benodigde koelenergie;
- waterverbruik;
- het inzuigen van organismen;
- emissies naar water;
- emissies naar lucht (waaronder emissies van *Legionella*);
- emissie van geluid;
- eventueel bestaande risico's voor de omgeving bij falen van het systeem.

Bij de keuze van het optimale koelsysteem dienen bovengenoemde aspecten integraal tegen elkaar te worden afgewogen. Een probleem dat hierbij tot nu toe niet is opgelost is welke weegfactoren aan de verschillende genoemde aspecten dienen te worden gekoppeld.

Emissie van *Legionella* valt onder het aspect "emissies naar lucht" en is dus een van de vele aspecten waaraan getoetst moet worden.

Stap 3:

Als derde stap dient er na implementatie voor gezorgd te worden dat het systeem adequaat wordt bedreven.

Deze integrale benadering kan bijvoorbeeld betekenen dat in gevallen waarin de kans groot is dat veel personen in contact kunnen komen met eventuele emissies vanuit de lucht eerder gekozen dient te worden voor een koeltorensysteem dat minder of niet gevoelig is voor besmetting met *Legionella*. Zo zal een droge koeltoren (luchtcooling) ongevoelig zijn voor besmetting met legionellabacteriën [EC 2000] en zou dit aspect bij de keuze van een systeem in dergelijke gevallen de doorslag kunnen geven.

Zoals in hoofdstuk 2 en 5 is beschreven wordt de kans op groei en verspreiding van legionellabacteriën door koeltorens door een groot aantal factoren bepaald. In het BREF document koeling [EC 2000] wordt een aantal technieken als “best available” aangemerkt. Vaak is hierbij direct of indirect een invloed op groei of verspreiding van *Legionella*. In bijlage I wordt een samenvatting gegeven van de aanbevelingen die in het document worden gedaan.

### **6.3.2 Plaatsing**

Bij plaatsing van koeltorens in bestaande en nieuwe situaties is het Best Available Technique (BAT) om te vermijden dat uitlaatlucht van de toren ingenomen kan worden door luchtbehandelingssystemen van gebouwen [EC 2000] (zie ook paragraaf 7.8).

In [EC 2000] wordt een categorie-indeling gegeven voor het microbiologisch risico verbonden aan een koeltoren in relatie tot de aanwezige bevolking en gevoeligheid van die bevolking.

Categorie 1: hoogste risico:

Koeltorens van of in de buurt (<200 m.) van ziekenhuizen, verpleeghuizen of andere zorginstellingen;

Categorie 2:

Koeltorens van of in de buurt (>200 m.) van bejaardentehuizen, hotels of gebouwen waarin zich veel mensen bevinden;

Categorie 3:

Koeltorens in een industriële of woonomgeving

Categorie 4: laagst risico

Koeltorens die geïsoleerd liggen van industriële of woonomgeving (>600 m.)

Op basis van deze risico indeling is het in principe mogelijk verschillende frequenties te hanteren van bemonsteringsschema's voor dezelfde typen koeltorens, afhankelijk van de locatie.

### **6.3.3 Ontwerp**

In hoofdstuk 5 is vastgesteld dat in natte koeltorens en koeltorensystemen kans op groei van *Legionella* aanwezig is. Om groei van *Legionella* te vermijden, dient aandacht te worden gegeven aan de volgende aspecten [EC 2000]:

- gebruik van schoon water en voorbehandeling van koelwater;
- vermijden van lekkage van procesvloeistoffen in het systeem;
- vermijden van stilstaand water (dode hoeken);

- verhinderen van intrede van zonlicht binnen in de koeltoren, waardoor vorming van algen wordt voorkomen;
- gemakkelijke toegankelijkheid ten behoeve van reiniging;
- gebruik van druppelvangers die gemakkelijk kunnen worden schoongemaakt en vervangen;
- ontwerptemperatuur zo laag mogelijk;
- vermijden van vorming van afzettingen en corrosie;
- keuze van materialen die niet groeibevorderend werken [respondent].

Bovendien zal, zoals in hoofdstuk 5 is aangegeven, verspreiding van aërosolen optreden. Bij beperking van verspreiding van aërosolen zijn de volgende aspecten van belang [EC 2000]:

- gebruik van druppelvangers;
- handhaven van juiste water- en luchtsnelheden;
- mogelijk kan vermindering van pluimvorming de verspreiding verminderen;
- een minimale afstand tot bevolkte gebieden is niet te geven;

Rekening houdend met het BREF-document zijn hieronder specifiek voor de koeltoren en voor het koelsysteem als geheel de ontwerprichtlijnen verder uitgewerkt.

#### 6.3.3.1 Koeltorenontwerp

In het koeltorenontwerp dient op de hieronder volgende manieren rekening gehouden te worden met het legionellarisico. Dit geldt voor alle benoemde soorten koeltorens waarin water wordt gebruikt. De hieronder aangegeven richtlijnen zijn grotendeels afkomstig uit [EC 2000]. Waar dit niet het geval is worden verwijzingen aangegeven.

##### *Materiaalkeuze*

Gekozen dient te worden voor materialen die gemakkelijk gereinigd kunnen worden en bestand zijn tegen bij reiniging en desinfectie gebruikte chemicaliën. Verder dient rekening te worden gehouden met eventueel groeibevorderende eigenschappen van materialen.

Voorbeelden van toe te passen materialen zijn kunststof (afhankelijk van groeibevorderende eigenschappen), gecoat gewapend beton, gecoat staal, roestvast staal (afhankelijk van waterkwaliteit).

##### *Toegankelijkheid*

Een goede toegankelijkheid van het systeem, zodanig dat reiniging eenvoudig kan worden uitgevoerd is noodzakelijk.

##### *Druppelvangers*



Druppelvangers dienen zodanig te worden ontworpen dat reiniging en vervanging eenvoudig is. Bij plaatsing dienen de compartimenten goed op elkaar te worden aangesloten, zodanig dat geen spleten overblijven. Het vangstrendement dient groter te zijn dan 99,99% als percentage van het recirculerend waterdebiet (Best Available Technique). Hierbij dient tevens rekening te worden gehouden met de drukval. Deze dient niet te hoog te zijn, omdat anders het energieverbruik (van de ventilator) toeneemt. Het is van belang om het ontwerp van de koeltoren, ventilator en druppelvangers op elkaar af te stemmen. Van belang is verder dat de druppelvangers gelijkmatig door de lucht worden aangestroomd en dat de luchtsnelheid niet te groot is. Een ongelijkmatige verdeling van de lucht en daardoor optredende locale snelheidsverschillen benadelen het vangstrendement. Bedacht moet worden dat druppelvangers niet in staat zijn om alle aërosolen af te vangen. Hoe kleiner het aërosol, hoe kleiner het vangstrendement zal zijn [respondent]. Oppervlakteactieve stoffen zoals bepaalde biodispergeermiddelen, kunnen mogelijk het vangstrendement van druppelvangers negatief beïnvloeden [respondent].

Een datablad met daarop informatie over de eigenschappen van druppelvangers kan meerwaarde bieden. Hierop kan worden gespecificeerd:

- drukverlies als functie van luchtsnelheid;
- grenswaarde van druppelgrootte als functie van de luchtsnelheid.

Niet in alle gevallen is een dergelijk datablad aanwezig.

Voor kruisstroomkoeltorens is plaatsing van druppelvangers minder relevant [respondent].

#### *Inlaatlouvres*

Inlaatlouvres dienen zodanig te worden ontworpen dat de wind geen vat kan krijgen op de naar beneden vallende waterdruppels waardoor de uitworp van druppels naar de omgeving zo veel mogelijk wordt vermeden. Ter voorkoming van windinvloeden kunnen ook schotten in de torens geplaatst worden.

#### *Inwendig leidingwerk*

Het inwendig leidingwerk dient zodanig te worden ontworpen, dat dode hoeken en stilstaand water zoveel mogelijk worden vermeden.

#### *Stromingspatroon*

Het stromingspatroon van zowel de water- als de luchtfase dient zo gelijkmatig mogelijk te zijn. Vermeden dient te worden dat het water delen van de koeltoren niet of zelden bereikt. Dit geldt zowel voor de inwendige leidingen, als voor aanwezige vulling en de koelwaterbak. In geval van een ongelijkmatige waterverdeling zullen eventueel gebruikte chemicaliën niet effectief zijn en kunnen haarden van biologische groei ontstaan [expert judgement].

Uniforme stroming van de lucht is van belang in verband met het realiseren van een voldoende warmteoverdracht en het vermijden van meesleuren van druppels. De luchtsnelheid en watersnelheid dienen afgestemd te zijn op de toegepaste vulling.

#### *Vulling*

De keuze van de vulling is mede afhankelijk van de waterkwaliteit. Toepassen van een open vulling, die minder gevoelig is voor vervuiling, is noodzakelijk in het geval van suppletie met verontreinigd water. Bij de keuze van de vulling dient tevens de gevoeligheid voor vorming van aanslag en groei te worden meegewogen, alsmede de bijdrage die geleverd wordt in de luchtweerstand. Verder dient de vulling eenvoudig te kunnen worden gereinigd en eenvoudig te kunnen worden vervangen.

#### *Waterafvoer*

De koeltorenbak dient eenvoudig te kunnen worden gelegeerd en gereinigd. Dit betekent dat de bak bij voorkeur op afschot moet worden gelegd, waarbij op het laagste punt een afvoer aanwezig is.

#### **6.3.3.2** *Ontwerp koelsysteem*

Die onderdelen van het systeem die niet tot de eigenlijke koeltoren behoren dienen te worden vervaardigd van in de koelwateromgeving of procesomgeving corrosievaste materialen en materialen waarop zich minder snel anorganische afzettingen vormen of minder snel biofilmvorming zal plaatsvinden

Het gehele systeem dient zodanig te zijn ontworpen dat stilstaand water en dode hoeken worden vermeden.

#### **6.3.4** *Beheersmaatregelen in relatie tot Legionella*

Bij de te nemen beheersmaatregelen worden conform de indeling in hoofdstuk 5 de koeltorensystemen onderverdeeld in:

- recirculerende systemen;
- éénmalig doorstroomde systemen;
- luchtgekoelde systemen.

#### **6.3.4.1** *Beheersmaatregelen voor recirculerende systemen*

##### *Bedrijfsvoering*

Bij de bedrijfsvoering van recirculerende systemen is het van belang vervuiling van het koeltorensysteem te voorkomen. De in de praktijk belangrijkste reden hiervoor is dat vervuiling de warmteoverdracht van het te koelen proces naar het koelwater negatief kan beïnvloeden. Verder kunnen in vervuilde systemen verstoppingen ontstaan en is de kans op corrosie groter.

Behandeling van koelwater dient om problemen te voorkomen ten gevolge van corrosie, biologische groei en vorming van afzettingen. Van belang is te

benadrukken dat het hierbij gaat om het voorkomen van vervuiling in het gehele koelsysteem, dus niet alleen in de koeltoren zelf.

Hoewel waterbehandeling in het algemeen niet primair wordt uitgevoerd om de kans op groei van legionellabacteriën te verminderen of legionellabacteriën af te doden, speelt het hierbij wel een belangrijke rol. De waterbehandeling kan worden onderscheiden in behandeling van het suppletiewater (dus voor invoer in het systeem) en behandeling in het koelwatercircuit zelf (waterconditionering).

#### *Waterbehandeling van suppletiewater*

Voorbehandeling van suppletiewater kan op verschillende manieren bijdragen aan vermindering van de kans op groei van legionellabacteriën in een koelsysteem:

- vermindering van inbreng van verontreinigingen die dienen als voedingsstoffen;
- vermindering van inbreng van verontreinigingen die leiden tot afzettingen waaronder *Legionella* gemakkelijk kan groeien;
- afdoding van *Legionella* in het suppletiewater en daardoor vermindering van het aanbod van legionellabacteriën in het koelwater.

Waterbehandeling van suppletiewater wordt toegepast om de volgende redenen:

- ter voorkoming van afzettingen afhankelijk van de kwaliteit van het ingaande water;
- uit economische overwegingen om de hoeveelheid spuiwater te verminderen (ontharding van het suppletiewater).

Voor zover bekend wordt nergens voorbehandeling van suppletiewater uitgevoerd met als specifiek doel het verminderen van de kans op groei van legionellabacteriën [expert judgement].

De keuze of en zo ja welke vorm van voorbehandeling wordt toegepast is sterk locatie afhankelijk. In het algemeen kan gesteld worden, dat bij gebruik van water met een lagere kwaliteit dan drinkwater, een of andere vorm van watervoorbehandeling noodzakelijk is met als doel de hoeveelheid ingebrachte verontreiniging te verminderen.

#### *Waterbehandeling van recirculatiewater*

In recirculerende koelwatersystemen zal vanwege de verdamping van het water, het achterblijven van in het suppletiewater aanwezige opgeloste en niet opgeloste stoffen en door intrede van verontreinigingen vanuit de omgeving, de verontreiniging van het water steeds verder toenemen. Indien de indikkingfactor te hoog wordt, zullen onoplosbare zouten (zoals kalk) in het systeem neerslaan en verstoppingen, corrosie en vermindering van warmteoverdracht kunnen veroorzaken.

Ter voorkoming van problemen die samenhangen met indikking van het koelwater dient een deel van het water te worden gespuid. De toelaatbare indikkingfactor in een systeem is afhankelijk van de kwaliteit van het toegevoerde suppletiewater. Dosering van chemicaliën ter voorkoming van het neerslaan van zouten kan de toelaatbare indikkingfactor verhogen en daarmee leiden tot water- en kostenbesparing.

Verder worden middelen ingezet ter voorkoming van corrosie in het koeltorensysteem en middelen ter voorkoming van (micro)biologische groei. Afhankelijk van de waterkwaliteit (vuillast in het koelwater) zullen in natte koeltorens meer of minder groeibevorderende omstandigheden aanwezig zijn, die

kunnen leiden tot biofilmvorming [Bruijs 2001]. Dosering van een biocide of mogelijk gebruik van een andere techniek ter beperking of voorkomen van microbiologische groei is in vrijwel alle gevallen (periodiek) noodzakelijk [expert judgement], om hoge koloniegetallen in het koelwater te voorkomen en vorming van biofilms beperkt te houden.

Bedacht moet worden dat er een samenhang en wisselwerking bestaat tussen het ontstaan van afzettingen, het ontstaan van corrosie en de aanwezigheid van microbiologische groei. Afzettingen en corrosie kunnen leiden tot een verruwing van het oppervlak van de leidingen waardoor de vorming van een biofilm wordt versterkt. Omgekeerd kan een biofilm het ontstaan van afzettingen en corrosie versterken die vervolgens de biofilm kunnen afschermen tegen biociden en sterk fluctuerende omstandigheden. Alle genoemde aspecten kunnen dan ook van invloed zijn op de aanwezigheid van legionellabacteriën in een systeem.

In tabel 15 is een overzicht gegeven van de chemicaliën en technieken die in recirculerende koeltorensystemen worden toegepast ter bestrijding van microbiologische groei. Het overzicht blijft beperkt tot die technieken en chemicaliën die een direct effect hebben op microben.

In Nederland wordt ca. 90% van alle recirculerende koelsystemen met chloor behandeld [EC 2000]. Niet oxiderende biocides worden alleen gebruikt, indien oxiderende biocides niet leiden tot voldoende desinfectie [EC 2000].

De in tabel 15 genoemde niet-oxiderende biociden komen voor in het bestand van het College voor de Toelating van Bestrijdingsmiddelen (CTB) [Baltus 1996]. Aangezien biocides tot doel hebben bepaalde levensvormen te vernietigen kunnen negatieve effecten optreden wanneer deze middelen in het milieu of rioolwaterzuivering terechtkomen. Voorafgaand aan toepassing van een biocide dient toestemming te worden gevraagd aan het bevoegde gezag voor waterkwaliteitsbeheer (Wm, Wvo). Het is Best Available Technique om de dosering en emissie van biocide zo laag mogelijk te houden [EC 2000].

Tabel 15 Overzicht chemicaliën en technieken ten behoeve van recirculerende koeltorensystemen

Techniek	Middel
Filtratie (afvangen van microben)	Mediafiltratie: zandfilter of meerlaagsfilter in deelstroom
Voorkomen (micro)biologische groei, afdoding	<p>Fysisch: Ultra violette straling (UV)<sup>1</sup>                      temperatuurverhoging (Thermo shock)                      anodische oxidatie<sup>1</sup></p> <p>Chemisch: <b>OXIDERENDE BIOCIDEN</b>                      chloor vloeibaar (chloorbleekloog);                      chloor vast (calciumhypochloriet);                      broomchloordimethylhydantoïne                      waterstofperoxide;                      perazijnzuur;                      natriumbromide (in combinatie met chloorbleekloog);                      ammoniumchloride (= gebonden beschikbaar chloor in combinatie met vrij beschikbaar chloor)                      ozon;                      chloordioxide</p> <p><b>NIET-OXIDERENDE BIOCIDEN</b>                      isothiazolines;                      beta-broom-beta-nitrostyreen;                      2-broom-2-nitro-(1,3)-propaandiol                      2,2,-dibroom-3-nitropropionamide                      glutaraldehyde;                      methyleenbisthiocynaat;                      quaternaire ammoniumverbindingen                      koper/zilver<sup>1</sup></p>

1)geen bewezen techniek in koelwater

Keuze van het soort waterbehandeling is vaak locatie afhankelijk. In recirculerende systemen is toepassing van een zand- of meerlaagsfilter voor de reiniging van het recirculerende water Best Available Technique. Hierdoor blijft het systeem schoner en wordt de behoefte aan biociden minder [EC 2000].

Gecombineerd gebruik van bromide en chloor kan aantrekkelijk zijn in zoetwatersystemen [EC 2000].

UV-desinfectie kan mogelijkheden bieden als ondersteunende techniek. Over de effectiviteit van UV apparatuur op biologische activiteit in koelwater is nog weinig bekend. Wel kan worden opgemerkt dat de werking lokaal is (alleen langsstromende organismen worden afgedood) zonder restwerking voor de koeltorenbak en pakketten [EC 2000].

In recirculerende systemen met een goede waterkwaliteit kan ozon een optie zijn. Het is hierbij van belang om aandacht te besteden aan de kans op optreden van corrosie. In Europa zijn enkele succesvolle ervaringen met de toepassing van ozon in relatie tot *Legionella* [EC 2000].

Over de werking van genoemde middelen tegen biologische groei in koeltorensystemen en specifiek tegen legionellabacteriën kan worden opgemerkt dat veel afhangt van de vervuiling van een systeem. Hoe sterker een systeem vervuild is, des te moeilijker een bevredigende desinfectie uitvoerbaar is. Daarnaast kunnen legionellabacteriën ingekapseld zitten in amoeben, waardoor deze middelen de bacteriën moeilijk kunnen bereiken. Hetzelfde geldt in zijn algemeenheid voor bacteriën in een biofilm, waarin biocides over het algemeen moeilijk penetreren.

Van sommige biocides wordt geclaimd dat deze specifiek effectief zijn tegen legionellabacteriën. Het Britse Expert Committee on Biocides stelt dat wanneer koelsystemen schoon worden gehouden, de meeste biociden een effectieve werking tegen legionellabacteriën bezitten [Ellis 1993].

Om resistentie van *Legionella* tegen gebruik van een bepaald type biocide te voorkomen wordt geadviseerd regelmatig een ander type biocide te gebruiken [EHB 1994].

Vaak worden de genoemde biociden gebruikt in combinatie met andere chemicaliën zoals tensiden, dispergeermiddelen en chelaatbinders [vd Woude 2001]. Deze middelen zijn in staat de biofilm te verwijderen of te modificeren. Hierdoor wordt de werking van de gebruikte biocides verbeterd [respondenten].

#### *Doseerregime*

Dosering van biociden kan op verschillende manieren worden uitgevoerd.

Biociden dienen apart van eventueel andere te doseren chemicaliën te worden gedoseerd. Dosering van biociden kan continu gebeuren of periodiek, handmatig of met doseerpompjes.

Chloor kan continu of discontinu worden gedoseerd (periodieke dosering), waarbij gestreefd dient te worden naar doseren van een zo klein mogelijke hoeveelheid chloor. De dosering van chloor aan koelwater wordt in sterke mate bepaald door de gehalten aan stikstofverbindingen en organische verbindingen in het ingenomen water [Berbee 1997]. Onder omstandigheden waarbij sprake is van een beperkte vuillast (bijvoorbeeld in een schone omgeving en drinkwater als suppletiewater) gaat

de voorkeur uit naar discontinu doseren en kan worden volstaan met het periodiek handhaven (enkele malen per week) van een gehalte van 1-2 mg/l gedurende ca. een uur. Continue lage dosering blijkt bij koelwater met een hoog gehalte aan organisch materiaal en instraling van veel zonlicht vaak effectiever te werken en minder chloorverbruik op te leveren. Onder omstandigheden waar de inbreng van verontreinigingen groot is of wanneer *Legionella* is aangetroffen kunnen voor het bereiken van een afdoende afdoding hogere gehalten noodzakelijk zijn [EC 2000].

Toepassing van algemene, vaak conservatieve doseerregimes kan leiden tot onnodig hoog biocidegebruik. Met behulp van on-line monitoring van biofilmafzettingen (sensor) is het mogelijk inzicht te krijgen in de vorming en activiteit van de biofilm en is het mogelijk de effectiviteit van chemische en fysische bestrijdingstechnieken vast te stellen [Bruijs 2001].

De periodieke dosering kan eventueel (dit hoeft echter niet) automatisch periodiek worden uitgevoerd met behulp van een doseerpomp en tijdschakelaar. Bovendien kan een en ander nog worden gestuurd door middel van een continue chloormeting. Bij handmatige dosering verdient het aanbeveling de chloorconcentratie enige tijd na doseren te meten.

Ozon en chloordioxide dienen op basis van de continu gemeten redoxpotentiaal naar behoefte te worden gedoseerd. Deze biociden worden in mindere mate toegepast [Baltus 1996]. Hierbij dient in het geval van ozon de concentratie onder 0,1 mg/l te worden gehandhaafd [EC 2000].

Van de overige biociden kan de concentratie niet on-line worden gemeten. Hier dient ook bij voorkeur een periodieke dosering te worden toegepast. De toe te passen concentratie is afhankelijk van de door de leverancier gestelde eisen. Bij doseren van een hydrolyserend niet oxiderend biocide dient na doseren de spui enige uren gesloten te worden, zodat de stof in de koeltoren weg kan reageren [EC 2000].

De dosering dient bij voorkeur automatisch periodiek te worden uitgevoerd met behulp van een doseerpomp en tijdschakelaar. De gedoseerde hoeveelheid dient boekhoudkundig te worden bepaald.

Bovendien zijn soms testsets verkrijgbaar waarmee de concentratie van genoemde biocides gemeten kan worden.

#### 6.3.4.2 *Beheersmaatregelen voor eenmalig doorstroomde systemen met koeltoren*

Bij de bedrijfsvoering van eenmalig doorstroomde systemen is het belang van de gebruiker vooral gelegen in het voorkomen van vervuiling van het koelsysteem voorafgaand aan de koeltoren. Het in de praktijk belangrijkste motief hiervoor is dat vervuiling de warmteoverdracht van het te koelen proces naar het koelwater negatief



kan beïnvloeden. Verder kunnen in vervuilde systemen verstoppingen ontstaan en is de kans op corrosie groter.

#### *Bedrijfsvoering*

Op veel locaties dient het ingenomen koelwater behandeld te worden om problemen te voorkomen ten gevolge van corrosie, biologische groei en vorming van afzettingen. Bij doorstroomsystemen zijn de toepasbare waterbehandelingstechnieken in grote lijnen gelijk aan de technieken die worden toegepast voor behandeling van suppletiewater bij recirculerende systemen. Gezien het eenmalig gebruik van het koelmedium is het aantal daadwerkelijk toegepaste technieken beperkt.

#### *Waterbehandeling*

Bij eenmalig doorstroomde systemen gaat het vaak om grote systemen die worden gevoed met oppervlaktewater. Behandeling van dit water kan op verschillende manieren bijdragen aan vermindering van de kans op aanwezigheid of groei van legionellabacteriën in een koeltorensysteem:

- vermindering van inbreng van verontreinigingen die dienen als voedingsstoffen;
- vermindering van inbreng van verontreinigingen die leiden tot afzettingen waaronder *Legionella* gemakkelijk kan groeien;
- afdoding van *Legionella* in het suppletiewater.

In deze systemen is met name het tegengaan van biologische groei (macro- en microfouling) belangrijk en in sommige gevallen het voorkomen van intrede van zwevende bestanddelen en slib.

In de meeste gevallen wordt continu of stootsgewijs chloor gedoseerd ter beperking van de biologische groei (met name macrofouling zoals mosselen en zeepokken). Ook worden wel temperatuurshocks toegepast ter verwijdering van mosselgroei en wordt in een enkel geval ozon toegepast. Bedacht moet worden dat deze dosering vaak primair gericht is op het voorkomen van vervuiling in het processysteem en hierbij pas secundair aandacht aan de koeltoren wordt besteed.

Het gebruik van biocides (veelal chloor) is noodzakelijk, doch dient zo veel mogelijk beperkt te blijven. De voorkeur gaat dan ook uit naar die wijze van doseren waarbij in de praktijk blijkt dat het resultaat goed is met een zo laag mogelijk gebruik van biocide. [EC 2000].

Afhankelijk van de situatie kan ook een voorbehandeling in de vorm van een filtratiestap noodzakelijk zijn.

#### *Doseerregime*

Gestreefd dient te worden (voor systemen zonder condensor) naar een gehalte restchloor bij de uitlaat van maximaal 0,1 mg/l vrij chloor. Dit kan gerealiseerd

worden door gebruik te maken van geautomatiseerde dosering op basis van continue gemeten waarden aan de uitlaat [EC 2000].

Voor zeewatersystemen dient te worden gestreefd naar een gehalte van maximaal 0,2 mg/l aan vrij chloor bij de uitlaat. Dit geldt zowel bij continue als discontinue dosering. In geval van calamiteiten dient op basis van het BREF document koeling te worden gestreefd naar een gehalte van maximaal 0,5 mg/l vrij chloor bij de uitlaat. In het RIZA rapport 97.077 "Hoe omgaan met actief chloor in koelwater" wordt voor eenmalig doorstroomde systemen naar een maximale lozingsconcentratie van 0,1-0,2 mg/l vrij chloor gestreefd [Berbee 1997].

Continue dosering van chloor op eenmalig met zoet water doorstroomde systemen is geen Best Available Technology.

Over de werking of nawerking van chloor tegen biologische groei in het achterliggende koeltorensystemen en specifiek tegen legionellabacteriën kan worden opgemerkt dat uit de risicoanalyse in hoofdstuk 5 is gebleken dat deze systemen in principe een geringer risico in zich dragen dan recirculerende systemen. Veel hangt ook hier af van de mate van vervuiling van een systeem. Hoe sterker een systeem vervuild is, des te moeilijker een adequate desinfectie uitvoerbaar is.

#### **6.3.4.3** *Beheersmaatregelen voor luchtgekoelde systemen*

Op locaties waar luchtkoeling wordt toegepast is de bedrijfsvoering in het kader van het legionellavraagstuk niet relevant zodat hier niet verder op zal worden ingegaan.

#### **6.3.5** *Richtlijnen voor bedrijfsvoering*

Met de volgende aspecten dient rekening te worden gehouden om natte koeltorensystemen, dat wil zeggen eenmalig doorstroomde en recirculerende systemen, op een juiste wijze te bedrijven [AWT 2000], [EC 2000]:

- reinig en desinfecteer het systeem voorafgaand aan een opstart en na een langere tijd van stilstand;
- behandel het water zodanig dat corrosie, vorming van afzettingen en microbiologische groei worden voorkomen; het is noodzakelijk om microbiologische groei te bestrijden met een effectieve methode;
- stel een onderhoudsplan vast en noteer de uitgevoerde acties inclusief verbruik van chemicaliën, uitgevoerd onderhoud en eventuele meetresultaten in een logboek;
- zorg er voor dat de druppelvangers en ventilator in goede staat blijven; hierdoor wordt aërosolverspreiding beperkt;
- als dode stukken in het leidingsysteem niet kunnen worden verwijderd dienen deze met name tijdens of na reinigungsacties (inclusief biocidedosering) te worden doorgespoeld of gespuid;
- test de kleppen in het systeem periodiek, door ze volledig te openen en te sluiten;

- maak de koelwaterbak schoon als slijm, algen en vuil zichtbaar zijn;
- maak het systeem bij voorkeur een of twee maal per jaar zorgvuldig schoon; hierbij behoort tevens het uitvoeren van een desinfectie met een oxiderend middel;

Een regelmatige handmatige reiniging van koel(toren)systemen (een tot twee maal per jaar) wordt in het algemeen aangeraden. Een onderscheid dient gemaakt te worden in systemen die continu in bedrijf zijn (vaak industriële systemen) en systemen die gedurende een bepaalde periode van het jaar worden bedreven (bijvoorbeeld systemen ten behoeve van airconditioning)[respondent]. Met name in de industriële situatie kan het zeer moeilijk zijn om een koelproces stil te leggen, omdat dit leidt tot enorme (gevolg)kosten [respondent]. Indien aangetoond wordt (door middel van bacteriologische metingen) dat de systemen gedurende de bedrijfsperiode (die enkele jaren kan beslaan) schoon blijven, kan in dit geval mogelijk van tussentijdse reiniging worden afgezien. Dit neemt niet weg dat in geval van bouw van nieuwe systemen rekening gehouden moet worden met de mogelijkheid dat periodieke reiniging plaats dient te vinden.

Bij systemen die slechts gedurende een bepaalde periode van het jaar in bedrijf zijn, dient voorafgaand aan de opstart een reiniging te worden uitgevoerd (verwijderen van bladeren, slib etc.) Na uitbedrijfname van het systeem dient het systeem te worden geleegd, handmatig gereinigd en droog te worden weggezet [AWT 2000].

Reiniging kan bestaan uit een chemische reiniging, een mechanische reiniging of een combinatie van beide. Een chemische reiniging dient uitgevoerd te worden indien sprake is van vorming van afzettingen; bijvoorbeeld hardheidsafzettingen, ijzerafzettingen of biologische afzettingen. Dit kan het best door een gespecialiseerd bedrijf worden uitgevoerd [expert judgement].

Mechanische reiniging, die bestaat uit schoonborstelen, schoonspuiten etc. kan worden uitgevoerd als sprake is van gemakkelijk te verwijderen verontreinigingen.

Bij reinigen van koeltorens dient te allen tijde aandacht te worden besteed aan gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen. Hierbij dient een beschermingsmasker ter voorkoming van inademing van aerosolen via mond en neus (beschermingsklasse P3) te worden gedragen [EC 2000]. Maskers die zijn voorzien van een filterbus slaan mogelijk snel dicht bij de uitvoering van deze werkzaamheden [respondent].

Wanneer een systeem niet volledig kan worden stilgezet, is het in dat geval raadzaam om na te gaan of een reiniging in gedeeltes plaats kan vinden.

Bij proces-opstarts en -stops dient extra aandacht aan het koeltorensysteem te worden gegeven. Dit geldt speciaal wanneer het systeem enkele dagen uit bedrijf is. Aangeraden wordt in dat geval het systeem droog weg te zetten [AWT 2000].

Te allen tijde is het raadzaam regelmatig onderhoud te plegen. Zo dienen de ventilator en de toestand van de pakketten en druppelvangers regelmatig te worden geïnspecteerd. In geval van beschadigde onderdelen, zoals pakketten en druppelvangers dienen deze te worden vervangen [respondent].

### **6.3.6 Risicoinventarisatie en monsternemingen**

Algemeen kan gesteld worden dat routinematig testen op *Legionella* nodig is voor die systemen, waarbij risicofactoren aanwezig zijn. Bij risicofactoren dient in dit geval niet alleen te worden gedacht aan risico's in technische zin maar bijvoorbeeld ook aan risico's in de zin van de aanwezigheid van "gevoelige personen".

De volgende factoren worden genoemd als relevant bij een risicoanalyse [AWT 2000]:

- suppletiewaterkwaliteit;
- systeemontwerp;
- bedrijfsvoering;
- vervuilingsgeschiedenis en vervuilingspotentieel;
- gevoeligheid van bewoners voor het oplopen van een legionellosebesmetting (risicogroep).

Het nemen van watermonsters ter controle op *Legionella* kan zinvol zijn bij het vastleggen in hoeverre risico's aanwezig zijn dat wil zeggen bij of na het uitvoeren van een risico-inventarisatie. Verder kan het nemen van watermonsters zinvol zijn bij het vaststellen of preventieve of correctieve maatregelen werkzaam zijn (geweest).

Direct gekoppeld aan de monsterneming dient, uitgaande van de aangetroffen gehalten *Legionella*, via actieniveaus in een actieplan aantoonbaar worden gemaakt dat sprake is van een verhoogd risico met daaraan gekoppeld de benodigde vervolgactie(s).

Een juiste interpretatie van de meetresultaten wordt hierbij bemoeilijkt door de volgende aspecten:

- er is geen ondergrens bekend voor een aanvaardbare concentratie van legionellabacteriën in koeltorensystemen;
- er zijn geen richtlijnen voor de plaats waar een monster genomen dient te worden;
- monsterneming heeft niet altijd voldoende voorspellende waarde.

Momenteel vindt in de Nederlandse praktijk reeds op enige schaal controle plaats op aanwezigheid van *Legionella* in koelsystemen [respondenten]. De bemonsteringsfrequentie wordt in een aantal gevallen afhankelijk gesteld van de resultaten die volgen uit de risico-inventarisatie [respondent] en kunnen bovendien afhankelijk gesteld worden van de meetresultaten van de bemonstering [respondent].

Hierbij is tevens vastgelegd (op basis van een risico-inventarisatie) op welke plaats(en) in het systeem bemonsterd dient te worden.

Indien een koeltoren na stilstand opnieuw in gebruik wordt genomen of gereinigd is, dient een extra controle op *Legionella* te worden uitgevoerd [respondent]. De resultaten hiervan dienen tevens in een logboek te worden bijgehouden.

Voor de hoogte van het toelaatbaar aantal legionellabacteriën per liter water kan geen algemeen geaccepteerde grenswaarde worden gegeven. De in de buitenlandse regelgeving genoemde waarden wijken onderling sterk van elkaar af (zie hoofdstuk 7.6).

### **6.3.7 Kostenaspecten**

De kosten die verbonden zijn met de hierboven beschreven ontwerpcriteria en maatregelen zijn situatieafhankelijk. In algemene zin kan hierover worden gezegd dat het volgen van het systeemontwerp op basis van de BAT-criteria, niet hoeft te leiden tot kostenverhoging. Mogelijk is dat de integrale aanpak zoals voorgesteld in het BREF-document “koeling” in sommige gevallen zelfs leidt tot een kostendaling.

De hierboven genoemde beheersmaatregelen zijn in feite inherent aan het bedrijven van een (natte) koeltoren. Dit betekent dat in veel gevallen de bestaande methode van waterbehandeling niet of nauwelijks gewijzigd hoeft te worden en hieraan dus geen extra kosten verbonden zijn. Dit geldt met name voor koeltorensystemen in de industrie en elektriciteitsproducerende sector. Hier zijn overigens in veel gevallen economische voordelen verbonden aan het toepassen van waterbehandeling. Voor koeltorens in een kantooromgeving geldt vaak dat de verantwoordelijke voor de installatie over het algemeen een grote afstand heeft tot de installatie (pand is verhuurd, onderhoudscontract afgesloten etc.). Dit betekent dat in deze gevallen de aandacht voor onderhoud van het koelsysteem in de praktijk nogal eens beperkt is en een inhaalslag nodig zal zijn.

In algemene zin kan het besteden van extra aandacht aan desinfectie en periodieke reiniging van de systemen noodzakelijk zijn. In bepaalde gevallen zal een verplichting tot reiniging en daarmee stilstand van het systeem kunnen leiden tot hoge kosten (ordegrootte miljoenen) in verband met productieverliezen. Meestal zal echter een periodieke reiniging ingepast kunnen worden in het onderhoudsschema en zullen de kosten per jaar hooguit enkele duizenden tot tienduizenden gulden bedragen, afhankelijk van de situatie.

Voor koeltorensystemen waarbij momenteel geen enkele vorm van waterbehandeling wordt toegepast, dient in de toekomst in ieder geval zorg gedragen te worden voor maatregelen die een afdoende desinfectie waarborgen. In bepaalde gevallen zal door toepassen van waterbehandeling een kostenbesparing kunnen worden gerealiseerd. Voor kleine systemen zal dit vaak niet het geval zijn.

Aanwezigheid van een automatisch spuisysteem (bij voorkeur op basis van geleidingsvermogen) en toepassing van een desinfectiemethode zijn minimale vereisten. De kosten voor een spuisysteem bedragen enkele duizenden gulden.

De kosten voor een desinfectiemethode zijn afhankelijk van de wijze van desinfectie. De goedkoopste wijze van desinfectie is met behulp van chloor (chloorbleekloog). De chemicaliënkosten zijn afhankelijk van de hoeveelheid chloor die wordt verbruikt en daarmee afhankelijk van het aantal reinigingen per jaar, de grootte van het systeem, de systeemopzet en de organische belasting in het systeem. Chloorbleekloog kost ca. f 0,40 per liter (150 gram actief chloor). Daarmee komen de chemicaliënkosten per jaar voor de meeste systemen niet uit boven enkele honderden gulden en zijn deze dus te verwaarlozen ten opzichte van andere kosten (mensen, transport). Een geautomatiseerd doseersysteem kost voor niet al te ingewikkelde omstandigheden enkele duizenden gulden.

Ook kan chloor in de vorm van calciumhypochloriet (vaste vorm) worden gedoseerd. Vaak wordt hierbij proefondervindelijk een aantal tabletten per week in het koeltorencircuit geplaatst. Deze lossen langzaam op en op deze manier wordt een vrij constant chloorgehalte gehandhaafd, mits de omstandigheden vrij stabiel zijn. Op deze manier zijn de kosten voor een doseersysteem vrijwel nihil.

In bepaalde situaties wordt doseren van chloorbleekloog of calciumhypochloriet als ongewenst ervaren. Een alternatief is dan mogelijk gebruik van ozon. Ozon dient ter plaatse te worden bereid (uit lucht/zuurstof). De kosten van ozongeneratoren zijn afhankelijk van de capaciteit. De kosten voor een generator die 200 m<sup>3</sup> recirculerend water per uur kan behandelen bedragen ca. f 50.000,-. Bij een capaciteit van 800 m<sup>3</sup> recirculerend water per uur bedragen de kosten ca. f 100.000,-.

Niet oxiderende biociden en oxiderende broomhoudende biociden en waterstofperoxide worden in vele gevallen onder merknaam door servicefirma's geleverd. De chemicaliënkosten lopen uiteen maar bedragen voor kleine systemen vaak niet meer dan enige honderden tot enige duizenden gulden per jaar. Ook hier zijn de "kale" chemicaliënkosten in het algemeen te verwaarlozen ten opzichte van andere kosten (mensen, transport).

Filtratie (van een deelstroom) geeft vaak een toegevoegde waarde door het afvangen van ingevangen vuil. De prijs is afhankelijk van de grootte van het systeem en bedraagt gemiddeld genomen f 15.000,-.

Verder dienen de nodige mensen te worden vrijgemaakt voor het opzetten en bijhouden van een logboek.

Voor onderhoud en inspectie van de installatie en voor periodieke reiniging zijn de kosten afhankelijk van de omvang van het systeem. In de meeste gevallen zal de tijdsbesteding enkele mensdagen per jaar bedragen. Ook de kosten voor het uitvoeren van een risicoanalyse zijn afhankelijk van de omvang van het systeem. Er moet rekening worden gehouden met een kostenpost die kan variëren van duizend tot tienduizend gulden.

Indien periodiek monsters worden genomen en geanalyseerd op *Legionella* bedragen de analysekosten per monster ca. f 150,- tot f 200,-. Verder dienen de monsterphaalkosten worden meegerekend, die afhankelijk zijn van de locatie en het aantal monsters dat wordt onderzocht.

Met behulp van on-line monitoring van biofilmafzettingen (sensor) is het mogelijk inzicht te krijgen in de vorming en activiteit van de biofilm en is het mogelijk de effectiviteit van chemische en fysische bestrijdingstechnieken vast te stellen [Bruijs 2001]. De kosten van een dergelijk systeem bedragen ca. f 8.000,-. Mogelijk kan in de (nabije) toekomst op basis hiervan een systeem worden ingevoerd met monitoring op afstand [respondent].

De mogelijkheid bestaat het grootste gedeelte van de benodigde werkzaamheden uit handen te geven aan gespecialiseerde firma's. Hierbij kan een onderscheid worden aangebracht tussen leveranciers van koeltorens en waterbehandelingsfirma's.

Koeltorenleveranciers hanteren wel verschillende soorten onderhoudscontracten. Deze kunnen bijvoorbeeld variëren van het niveau van een jaarlijkse controle op de werking van draaiende onderdelen tot het niveau van het jaarlijks uitvoeren van groot onderhoud. De kosten hiervan zijn afhankelijk van de hoeveelheid benodigde metingen. Per installatie is vaak niet meer dan een of twee mensdagen benodigd [respondent].

Waterbehandelingsfirma's hanteren eveneens verschillende soorten onderhoudscontracten. Deze kunnen variëren van alleen levering van de benodigde chemicaliën zonder verdere serviceverlening tot het volledig overnemen van alle facetten die met de waterbehandeling te maken hebben en alle variaties hier tussenin. De bezoekfrequenties variëren van meerdere keren per week tot een maal per jaar. De kosten zijn hierbij afhankelijk van de bestede mensdagen en/of afname van chemicaliën.

## 7 Literatuurstudie

### 7.1 Inleiding

Door het uitvoeren van een literatuurstudie is informatie verzameld in de volgende rubrieken:

- A. de in de praktijk toegepaste koelsystemen en luchtbehandelingssystemen;
- B. Nederlandse en buitenlandse wetgeving;
- C. bestaande ontwerpeisen en richtlijnen;
- D. bestaande beheersmaatregelen;
- E. praktijkvoorbeelden waarin de relatie tussen *Legionella* en koeltorens / luchtbehandelingsinstallaties is onderzocht (cases).

Dit hoofdstuk beschrijft kort de aanpak van het literatuuronderzoek waarna de belangrijkste resultaten van het literatuuronderzoek zijn weergegeven.

### 7.2 Aanpak literatuurstudie

Ten behoeve van de literatuurstudie zijn door Kiwa de volgende databanken geraadpleegd:

- Aqualine Abstracts
- Waternet (AWWA)
- Chemical Abstracts
- Scisearch
- Medline
- Milieu-CD
- Online Contents (PICA)

Hierbij zijn de volgende zoekwoorden gehanteerd:

*Legionella*; Legionellosis; Legionnaires' Disease; Sick Building Syndrome (SBS); Cooling towers; evaporative condenser; airconditioning systems; HVAC (heating-ventilating-air-conditioning); Cooling Technology Institute; Law; Legal Action, Code of Practice; Guideline.

Naast deze Engelstalige zoekwoorden is ook op Nederlandstalige varianten gezocht.

Uit de databanken is een groot aantal artikelen geselecteerd, opgevraagd en gescreend.

Aanvullend op bovenstaande onderzoek is ook de bestaande Nederlandse wetgeving gescreend. Het betreft met name:

- Arbowet



- Wet Milieubeheer
- Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren
- Waterleidingwet
- Woningwet

Bij het doorlopen van de verschillende artikelen valt een aantal zaken op:

- Veel publicaties komen uit landen waar een epidemie heeft plaatsgevonden. Het betreft met name de USA, UK en Australië. Ook de wetgeving en voorschriften voor beheer van installaties zijn in deze landen in een vergevorderd stadium.
- Naast de autoriteiten zijn er steeds meer brancheorganisaties (ASHRAE, AWT, CTI) die “guidelines” opstellen voor beheer van koeltorens en luchtbehandelingsapparatuur.

### 7.3 Nederlandse wetgeving en richtlijnen

Voor zover bekend zijn er in de Nederlandse wetgeving momenteel geen wetten, richtlijnen of iets dergelijks die specifiek betrekking hebben op de legionellaproblematiek bij koeltorens en luchtbehandelingsapparatuur. Wel zijn er algemene voorschriften waaronder de legionellaproblematiek zou vallen.

Hieronder volgt een overzicht van relevante Nederlandse wetgeving die mogelijk zou kunnen dienen als kapstok voor nieuwe richtlijnen met betrekking tot de legionellaproblematiek voor koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties.

#### **Nederlandse wetgeving**

##### Arbowet

De Arbowet regelt de arbeidsomstandigheden, waaronder eventuele blootstelling aan stoffen en micro-organismen in het bedrijf. De Arbowet is weinig specifiek voor wat betreft *Legionella* en kent geen regelgeving ten aanzien van koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties.

In de Arbeidsomstandighedenwet wordt onderscheid gemaakt tussen:

- arbeid die is gericht op het werken met ziekteverwekkende micro-organismen;
- arbeid die niet is gericht op het werken met ziekteverwekkende micro-organismen, maar waarbij wel blootstelling kan optreden.

Bij arbeid die is gericht op het werken met ziekteverwekkende micro-organismen (biologische agentia) zijn de risico's doorgaans bekend. In publicatie AI-9, uitgegeven onder toezicht van het Ministerie van SZW is aan *Legionella pneumophila* en andere voor de mens pathogene legionellasoorten de classificatie 2 gegeven. Aan deze classificatie zijn beheersingsmaatregelen gekoppeld die hier niet verder worden toegelicht [SdU, Publicatie AI-9].

Bij arbeid die niet is gericht op het werken met ziekteverwekkende micro-organismen kunnen mensen onbewust risico lopen. Dat kan bijvoorbeeld het geval zijn bij koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties waarbij medewerkers worden besmet door het inademen van aërosolen. Dit geeft de werkgever de volgende verplichtingen:

- het uitvoeren van een risico-inventarisatie en –evaluatie (RI&E) waarin aandacht wordt geschonken aan het risico van besmetting. In de RI&E moet worden vastgelegd:
  - door welke installaties of werkzaamheden blootstelling aan legionellabacteriën kan optreden;
  - op welke wijze het gevaar op besmetting wordt verkleind of weggenomen;
- het inlichten van werknemers als blootstelling aan legionellabacteriën kan optreden. Wanneer medewerkers direct kunnen worden blootgesteld aan legionellabacteriën (zoals bij onderhouds- of schoonmaakwerkzaamheden) moeten zij onderricht en instructie krijgen over werkmethoden en beschermingsmiddelen [Min. SZW 2000].

De Arboret biedt de mogelijkheid voorschriften op te nemen voor de toepassing, het ontwerp, het bedrijven en het onderhouden van koeltoren- en luchtbehandelingsystemen met als doel de blootstelling aan aërosolen van medewerkers zo veel mogelijk te beperken.

#### Wet Milieubeheer

De Wet Milieubeheer regelt de emissies buiten de grenzen van het bedrijf, kantoor, etc.

Bij algemene maatregel van bestuur zijn categorieën van inrichtingen aangewezen, die nadelige gevolgen voor het milieu kunnen veroorzaken (artikel 1.1 derde lid van de wet).

In bijlage 1 behorende bij het Inrichtingen- en vergunningenbesluit milieubeheer wordt onder andere genoemd:

#### Categorie 1

##### 1.1 Inrichtingen waar

- a. een of meerdere elektromotoren aanwezig zijn met een vermogen of een gezamenlijk vermogen groter dan 1,5 kW, met dien verstande ....

Aangezien de meeste koeltorens een ventilator en/of recirculatiepomp(en) met dit gezamenlijk vermogen of groter hebben, vallen in principe bedrijfsmatige inrichtingen met koeltorens onder deze regeling.

Op basis van deze regeling zijn de betreffende inrichtingen vergunningsplichtig. Het bevoegd gezag in deze is ofwel de gemeente, ofwel de provincie ofwel (in uitzonderingsgevallen) een ministerie (defensie).

De vergunningen zijn ofwel “op maat gesneden” ofwel neergelegd in een Algemene Maatregel van Bestuur (voor een aantal standaard situaties). Het bevoegd gezag kan op basis van artikel 8.12 doel- en middelenvoorschrift opleggen.

In de huidige praktijk wordt in de vergunning met betrekking tot koeltorens feitelijk alleen aandacht besteed aan voorkoming van geluidhinder. Voor zover bekend wordt nergens in de bestaande vergunningen gesproken over voorkoming van besmetting door *Legionella*.

Bij algemene maatregel van bestuur is voor een aantal specifieke voorzieningen en installaties regels opgesteld zodanig dat de vergunningsplicht vervalt (Besluit voorzieningen en installaties Milieubeheer). Het besluit bevat tal van concrete voorschriften die er op zijn gericht de nadelige gevolgen die de categorieën van inrichtingen, waarop het besluit betrekking heeft, kunnen veroorzaken, te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken. Koeltorens of luchtbehandelings-installaties vormen geen categorie binnen dit besluit. Bijvoorbeeld voor koeltorens biedt het besluit de mogelijkheid om regels op te nemen voor bedrijfsgrens-overschrijdende emissies.

De Wet Milieubeheer biedt dus met name mogelijkheden om eisen te stellen met het oog op legionellapreventie bij koeltorens. Indien hiervoor gekozen wordt, moet nader worden bezien welke vorm deze regulering moet krijgen.

#### Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (Wvo)

Conform de Wet verontreiniging oppervlaktewateren is elke directe lozing van afvalstoffen (waaronder ook afvalwater is bedoeld) op oppervlaktewater vergunningsplichtig. In de vergunning kunnen eisen worden gesteld aan de lozing ter bescherming van het oppervlaktewater. In het kader van dit rapport zijn vooral directe lozingen van industrieel koelwater van belang.

Daarnaast zijn vergunningsplichtigen opgesomd in het besluit aanwijzing van soorten van inrichtingen. Het betreft hier zogenaamde indirecte lozers dat wil zeggen lozingen op de gemeentelijke riolering. In het besluit is een lijst met categorieën van bedrijven opgenomen waarvan de inrichtingen ook vergunningsplichtig zijn in het kader van de Wvo. In de lijst is koeling overigens niet specifiek genoemd zodat niet alle inrichtingen die een koelsysteem hebben (hetzij industrieel hetzij "comfort cooling") ook automatisch vergunningsplichtig zijn. Slechts die bedrijfstakken die in het besluit zijn genoemd hoeven een Wvo-vergunning te bezitten waarbij het onderwerp koeling onderdeel van de vergunning is.

De Wvo heeft betrekking op lozingen van afvalwater en biedt dus geen kapstok voor aanpak van de legionellaproblematiek van koeltorens en luchtbehandelingsapparatuur.

### Waterleidingwet

In het Waterleidingbesluit bij de Waterleidingwet wordt gesteld dat leidingwater dat de eigenaar aan derden ter beschikking stelt, geen micro-organismen, parasieten of stoffen mag bevatten in aantallen per volume-eenheid of concentraties die nadelige gevolgen voor de volksgezondheid hebben.

Sinds oktober 2000 is de Tijdelijke regeling legionellapreventie in leidingwater van kracht. Hierin is aangegeven dat eigenaren van collectieve watervoorzieningen en collectieve leidingnetten binnen een jaar (gerekend vanaf 15 oktober 2001) hun installatie moeten (laten) onderzoeken op omstandigheden die de groei van legionellabacteriën bevorderen. Tevens dienen zij een beheersplan op te stellen waarin wordt aangegeven hoe de installatie wordt beheerd, onderhouden en gecontroleerd.

In artikel 2 van de Tijdelijke regeling staat een gehalte van maximaal 50 kve legionellabacteriën per liter als norm aangegeven. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende soorten en 'serogroepen' van de legionellabacterie, aangezien alle 'serogroepen' gedijen bij dezelfde omstandigheden.

De waterleidingwet heeft alleen betrekking op leidingwater bestemd voor huishoudelijk gebruik en niet op water bestemd voor koeling of luchtbehandeling. Deze wet kan dus niet dienen als kapstok voor aanpak van de legionellaproblematiek van koeltorens en luchtbehandelingsapparatuur.

### Woningwet

Het Bouwbesluit bevat bouwvoorschriften voor alle mogelijke soorten bouwwerken voor zowel nieuwbouw als bestaande bouw. De voorschriften uit het Bouwbesluit zijn altijd te herleiden tot vier uitgangspunten:

- veiligheid;
- gezondheid;
- bruikbaarheid;
- energiezuinigheid.

Het Bouwbesluit bevat voorschriften voor de volgende onderwerpen:

- gasverbrandingsinstallaties;
- ventilatie;
- sanitair;
- daken;
- energieprestatienormering.

Het Bouwbesluit verklaart dat bepaalde technische voorschriften van toepassing zijn op gebouwen. Zo moet de leidingwaterinstallatie in een gebouw voldoen aan NEN

1006, die is uitgewerkt in de Vewin-werkbladen. Deze technische voorschriften zijn mede gericht op beheersing van het legionellarisico in leidingwater. Voor koeltorens en luchtbehandelingsapparatuur zijn dergelijke technische voorschriften op grond van het Bouwbesluit (nog) niet van toepassing, mede omdat ze op nationaal niveau (nog) niet zijn opgesteld.

Via het onderwerp “ventilatie” is het mogelijk voorschriften op te nemen met betrekking tot de inrichting van het koelsysteem of de luchtbehandelingsinstallatie of met betrekking tot de plaatsing van luchtinlaten ten opzichte van koeltorens of andere installaties die aerosolen emitteren (kapstokfunctie).

#### **Nederlandse richtlijnen**

Onderstaande adviezen en richtlijnen hebben geen wettelijke status.

#### Gezondheidsraad

Een commissie van de Gezondheidsraad heeft in 1986 advies uitgebracht aan het ministerie van WVC over preventie van *Legionella*. Hierin zijn algemene aanbevelingen gedaan voor ontwerp, plaatsing en onderhoud van koeltorens en luchtbehandelingsapparatuur [Gezondheidsraad 1986].

#### VNI- onderhoudsrichtlijnen voor luchtbehandelingsinstallaties.

In samenwerking met NOVEM, fabrikanten van luchtbehandelingsapparatuur en een aantal installatieonderdelen, heeft VNI in 1992 en 1996 een handboek met onderhoudsrichtlijnen voor luchtbehandelingsinstallaties uitgebracht [VNI 1996]. De onderhoudsrichtlijnen zijn voor wat betreft *Legionella* gebaseerd op CV-13. Dit Concept-Voorlichtingsblad van het Ministerie van SZW [CV-13] getiteld “Klimaatbeheersingsapparatuur, verontreiniging door micro-organismen” bevat richtlijnen voor:

- situering van luchtinlaten ten opzichte van koeltorens;
- onderlinge afstand tussen koeltorens;
- periodiek reinigen / ontsmetten van luchtbehandelingsinstallaties en koeltorens.

De onderhoudsfrequentie en de reiniging worden o.a. afgestemd op het type luchtbevochtiger, de gebruiksduur en gebruiksfrequentie, mate van verontreiniging en de aanbevelingen uit het laboratoriumonderzoek. Onderdelen van het handboek zijn zeer bruikbaar voor het vaststellen van de noodzakelijke onderhoudsrichtlijnen voor luchtbehandelingsinstallaties, waarvoor de onderdelen luchtbevochtigungssectie en de aan de luchtbehandeling gekoppelde koeltoren separaat zijn beschreven.

## 7.4 Buitenlandse wetgeving en richtlijnen

### 7.4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is een beknopt overzicht gegeven van de in de literatuur aangetroffen buitenlandse wetgeving en richtlijnen. Voor een uitgebreider overzicht wordt verwezen naar bijlage II. Gezien de beperkte omvang van het uitgevoerde literatuuronderzoek heeft dit overzicht niet de pretentie volledig te zijn.

### 7.4.2 Wetgeving Europese Unie

De Europese Unie heeft regelgeving opgesteld voor vergunningverlening voor industriële installaties waaronder ook koeltorens vallen. Voor de lidstaten van de Europese Unie betekent dit dat vanaf het jaar 2007 de vergunningverlening gebaseerd dient te worden op het concept van Best Available Technique (BAT). De lidstaten dienen goede argumenten te hebben om van het BREF document af te wijken bij de vergunningverlening. Voor industriële koelsystemen zijn deze BAT's in november 2000 vastgelegd in een Bat REFERENCE Document (BREF) [EC 2000]. In dit document is ook beperkt aandacht besteed aan de legionellaproblematiek in koeltorens.

De genoemde richtlijnen voor beperking van microbiologische risico's zoals de vermeerdering en verspreiding van *Legionella* zijn:

- Gebruik schoon water en pas een voorzuivering toe indien mogelijk;
- Voorkom lekkage van het proces naar koelwater;
- Voorkom dode zones in de installatie;
- Beperk groei van algen en andere micro-organismen door uitsluiting zonlicht;
- Ontwerp de koeltoren zodanig dat deze goed toegankelijk is voor reinigen;
- Maak gebruik van drift eliminators die goed zijn te reinigen of te vervangen;
- Streef bij het ontwerp naar een zo laag mogelijke koud watertemperatuur
- Voorkom scaling<sup>3</sup> en corrosie in de koeltoren;
- Streef bij het ontwerp naar een optimale water en luchtsnelheid
- Hou bij de locatiekeuze rekening met nabijheid van bewoonde gebieden
- Minimaliseer de condenspluim.

De locatie van de koeltoren wordt onderverdeeld in vier categorieën. Criteria zijn de afstand tot bijvoorbeeld wooncentra of gezondheidsinstellingen. Op basis van deze categorieën wordt een frequentie voor monsterneming voorgesteld.

Ook worden aanwijzingen gegeven voor persoonlijke beschermingsmiddelen die gebruikt dienen te worden bij werkzaamheden aan de koeltoren.

---

<sup>3</sup> scaling is het neerslaan van slecht oplosbare zouten als gevolg van het overschrijden van het oplosbaarheidsproduct, bijvoorbeeld door concentrering of verdamping van water

Tenslotte wordt in het BREF-document kort aandacht geschonken aan de desinfectie van koeltorens.

#### **7.4.3 Wetgeving en richtlijnen afzonderlijke landen**

##### *Verenigde Staten*

Door de Occupational Safety & Health Administration (OSHA), US Department of Labor is een technische handleiding opgesteld. De wettelijke status is niet duidelijk. De handleiding bevat onder meer richtlijnen voor het beheer en desinfectie van koeltorens [OSHA 1999].

Het Department of Health & Mental Hygiene van de staat Maryland heeft door een wetenschappelijke werkgroep een rapport laten opstellen met betrekking tot de legionellaproblematiek in ziekenhuizen en gezondheidsinstellingen. Naast een inventarisatie van de problematiek worden aanbevelingen gedaan om groei van *Legionella* te voorkómen. [DHMH 2000]. Het rapport heeft geen wettelijke basis.

De Centers for Disease Control and Prevention (CDC), onderdeel van de US Department of Health and Human Services heeft richtlijnen opgesteld en in 1996 herzien specifiek bedoeld voor ziekenhuizen en andere zorginstellingen [CDC 1994], [CDC 1996]. De inhoud richt zich op het beheer en de desinfectie van koeltorens. Deze richtlijn heeft geen wettelijke basis.

Daarnaast zijn in de Verenigde Staten door de volgende (branche)organisaties richtlijnen opgesteld voor het ontwerp, beheer en onderhoud van koeltorens:

- Cooling Technology Institute (CTI). De richtlijnen uit het jaar 2000 betreffen het beheer en de desinfectie van koeltorens [CTI 2000];
- Association of Water Technologies (AWT). Deze zeer uitgebreide richtlijnen met betrekking tot het beheer en de desinfectie van koeltorens zijn in 2000 opgesteld [AWT 2000].;
- American Society for Testing and Materials. Summiere richtlijnen voor de inspectie van onder andere koeltorens uit 1996 [ASTM 1996].
- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning. “Position Statement on Legionellosis” [ASHRAE 1998] en “Guidelines on *Legionella*” uit september 2000 [Geary 2000]. Aanbevelingen en richtlijnen voor lokalisering van koeltorens en beheer en onderhoud van koeltorens.

##### *Verenigd Koninkrijk*

Door de Health & Safety Commission is een “Code of Practice and Guidance” [HSC 2000] opgesteld met als titel “Legionnaires’ Disease: The Control of *Legionella* Bacteria in Water Systems”. Het document is bedoeld als praktische

handleiding om te voldoen aan de wet maar heeft wel een (speciale) wettelijke status. Dit betekent dat men in geval van een besmetting moet uitleggen op welke andere wijze (dan de Code of Practice) men voldoet aan de wet. Ten minste één industrie in Nederland maakt gebruik van deze Code of Practice als basis voor een eigen protocol [mondelijke informatie respondent].

#### *Australië en Nieuw Zeeland*

Door de staat Victoria wordt gewerkt aan “Health (*Legionella*) Regulations 2001” met onder meer richtlijnen voor onderhoud, controle en desinfectie van koeltorens [Victorian Government 2001].

Daarnaast zijn in 2000 door Standards Australia en Standards New Zealand Nationale Richtlijnen in concept opgesteld. Deze richtlijnen gaan uitgebreid in op het ontwerp en beheer van koeltorens. Daarnaast wordt een beperkt aantal aanbevelingen gegeven met betrekking tot onderhoudsfrequenties en desinfectiestrategie [Standards Australia 2000a, 2000b].

#### *Singapore*

Door het Ministerie van Milieuhygiëne van Singapore is een “Code of Practice for the Control of *Legionella* bacteria in cooling towers in Singapore” opgesteld. Deze richtlijnen zijn in 1998 voor het laatst herzien [IEE 1998]. In dit specifiek op koeltorens gerichte document wordt duidelijk aangegeven dat het niet nakomen van deze richtlijnen een overtreding is.

#### *Japan*

Het ministerie van volksgezondheid en welzijn heeft een “Guideline for Prevention and Control of *Legionella* Infections” opgesteld. In dit document zijn ook richtlijnen voor het beheren en desinfecteren van koeltorens opgenomen. De wettelijke status van dit document is niet duidelijk. De samenvatting is in 1995 geschreven [EHB 1994].

#### *Vergelijking met aanbevelingen Europese Unie*

De aanbevelingen van de Amerikaanse, Britse en Singaporaanse organisaties komen in grote lijnen overeen met de aanbevelingen uit de BREF van de Europese Unie. Wel zijn over het algemeen de aanbevelingen gedetailleerder uitgewerkt dan in het Europese document.



## 7.5 Literatuuronderzoek relatie *Legionella* en koeltorens /luchtbehandelingsinstallaties

### 7.5.1 Inleiding

In juni 1988 is door het RIVM [v Kranen 1988] gerapporteerd over een inventariserend onderzoek naar het voorkomen van legionellasoorten in vier verschillende type installaties in Nederland.

Het betrof luchtbehandelingsinstallaties, koelwaterinstallaties, warmtapwatersystemen en nooddrinkwatervoorzieningen. In totaal zijn er in dit onderzoek 79 objecten geselecteerd en bemonsterd, waarvan 30 luchtbevochtigingsinstallaties en 15 koeltorens. Uit 6 luchtbevochtigers en 4 koeltorens werden bacteriën geïsoleerd. In tabel 16 zijn de resultaten van het RIVM-onderzoek samengevat.

Tabel 16 Overzicht legionella-isolaties uit luchtbevochtigingsinstallaties en koeltorens [v Kranen 1988]

Object	Installatie type	T <sub>monster</sub>	legionella -soort	serogroep	concentratie kve/l
1	Koeltoren met directe koeling	25	non-p		110
2	Koeltoren met indirecte koeling	24	p	1	75.000
3	Koeltoren met directe koeling	10	p	1	240.000
4	Luchtbevochtiging met matten sproeisysteem	43; 15	p	10	560.000; 560
5	Luchtbevochtiging met matten sproeisysteem	16	non-p		200.000
6	Luchtbevochtiging met directe versproeiing	27; 16	non-p		80
7	Koeltoren met directe koeling	27	p	1	3.000.000
8	Luchtbevochtiging met directe versproeiing	17	non-p		40.000
9	Luchtbevochtiging met directe versproeiing	6; 11	p	1	720
10	Luchtbevochtiging met directe versproeiing	16; 8	p	1	80

p = (*Legionella*) *pneumophila*

In de literatuur is een groot aantal beschrijvingen gevonden van legionellose-besmettingen die voortkomen uit koeltorens. Beschrijvingen van besmettingen die voortkomen uit de luchtbevochtiging als onderdeel van de luchtbehandelingsinstallatie zijn niet aangetroffen. Onderstaand is een overzicht gegeven van de aangetroffen cases met een korte beschrijving van de bijzonderheden uit het aan de uitbraak gekoppelde onderzoek.

Opvallend zijn de grote overeenkomsten tussen de verschillende cases. In vrijwel alle gevallen is de bron van de besmetting een kleinschalige koeltoren, als onderdeel van

het luchtbehandelingsysteem, geplaatst op het dak van een gebouw. In de meeste gevallen is hierin *Legionella pneumophila* serogroep 1 aangetroffen en heeft de besmetting plaats doordat aerosolen uit de koeltoren op één of andere manier het gebouw weer binnenkomen (ventilatieopeningen, inlaat luchtbehandelingsysteem, openstaande ramen, schoorsteen, etc.).

Verder leren deze cases dat:

- de uitbraken vaak het gevolg zijn van verwaarlozing van het onderhoud en beheer van de koeltoren door het ontbreken van technische kennis bij de eigenaar;
- rekening moet worden gehouden met besmetting van koeltorens door het inwaaien van stof en gronddeeltjes tijdens bouw- en graafwerkzaamheden in de directe omgeving;
- soms transport van aerosolen over grote afstanden kan plaatsvinden (tot 3,2 kilometer) [Addiss 1989];
- het verwijderen van een besmetting van *Legionella* in een koeltoren met hypochloriet lange behandelingstijden (orde van grootte 60 uur) en hoge concentratieniveaus (orde van grootte 10 mg/l) vereist [Friedman 1987];
- symptomen van het Sick Building Syndroom kunnen wijzen op een microbiologische verontreiniging van het ventilatiesysteem (waaronder *Legionella*);
- het gebruik van filters in luchtinlaatsystemen die in staat zijn aerosolen te verwijderen aan te bevelen is (type HEPA filter) [Brown 1999];
- 5 van de 10 door het RIVM omschreven grootste uitbraken van legionellose zijn veroorzaakt door koeltorens [RIVM 2000].

### **7.5.2 Overzicht cases**

Bij een countryclub in Atlanta Georgia (USA) was er in 1978 een legionellose uitbraak veroorzaakt door een verdampingscondensor van een aircosysteem geplaatst op het clubhuis [Cordes 1980]. Acht golfers liepen een infectie op door activiteiten op 30 meter afstand van de luchtuitlaat van de condensor. Wederom kon *Legionella pneumophila* serogroep 1 worden geïsoleerd zowel bij de patiënten als in het recirculatiewater van de condensor. De condensor werd maandelijks onderhouden waarbij pentachloorfenol werd gedoseerd.

Ook bij een ziekenhuis in Memphis Tennessee (USA) in september 1978 lag het probleem bij een besmette koeltoren van het aircosysteem op het dak [Dondero 1980]. Met behulp van rooktracers heeft men kunnen vaststellen dat aerosolen vanuit de koeltoren eenvoudig een luchtinlaat op 15 meter afstand konden bereiken alsmede de straat beneden. Vastgesteld werd verder dat de besmetting van de koeltoren zelf had plaatsgevonden bij het vullen van de koeltoren vanuit een

complex watersysteem waarin het water lange tijd had stilgestaan. Biociden werden niet toegepast in het systeem.

In een hotel complex in Wisconsin in 1979 werden 13 mensen besmet met de *Legionella pneumophila* serogroep 1 bacterie [Band 1981] afkomstig uit wederom een koeltoren geplaatst op het dak. De besmetting had plaats via een schoorsteen van een open haard in een conferentiezaal als gevolg van onderdruk die ontstond in de zaal door de ventilatie (waarbij de haard niet brandde). De schoorsteen bevond zich op 5 meter afstand van de koeltoren. Ondanks toepassing van calciumhypochloriet duurde het 7 dagen voordat de legionellabacterie niet meer kon worden aangetoond in het koelwater.

Eind 1981 deed zich in het Verenigd Koninkrijk een eerste uitbraak voor van legionellose voor die direct gerelateerd kon worden aan een industriële locatie [Morton 1986]. Op het bouwterrein van een kerncentrale bevonden zich vier koeltorens met een kleine capaciteit. Uit het koelwater van de vier koeltorens kon *Legionella pneumophila* serogroep 1 worden geïsoleerd. De koeltorens werden in die periode niet continu gebruikt zodat er sprake was van lange periodes van stilstand. Conventionele behandeling van koelwater met biocide, anti scalants of corrosieremmers werd niet toegepast. *Legionella* kon niet meer worden aangetroffen na een uitgebreid desinfectieprogramma met stoom en biocide (fenol thioether) en het instellen van een continue desinfectie.

In de periode 1978 – 1986 waren in Glasgow, Schotland 134 gevallen van Legionnaires' disease. Uit onderzoek [Bhopal 1991] bleek dat koeltorens de bron van de besmetting waren voor een tweetal epidemieën. Mensen die op minder dan 0,5 km van een koeltoren woonden bleken een verhoogd risico op besmetting (3 maal zo hoog) te hebben ten opzichte van mensen die meer dan 1 km van een koeltoren woonden.

In het voorjaar van 1984 was er een uitbraak van Pontiac Fever in een kantoorgebouw in Manhattan [Friedman 1987]. Een koeltoren op het dak kon worden aangewezen als bron. De koeltoren was pas in november 1983 in gebruik genomen en sindsdien continu in bedrijf geweest ('s zomers voor koeling; 's winters voor verwarming). De verdiepingen waar ziektegevallen waren aangetroffen werden geventileerd via een aircosysteem waarvan de luchtinlaat zich op nog geen 4 meter van de koeltoren bevond. Met hypochloriet werd geprobeerd de bacterie uit de koeltoren te verwijderen. Na 12 uur op een niveau van 10 mg/l vrij chloor en nog eens 12 uur op een niveau van 2 mg/l vrij chloor was men er nog niet in geslaagd de bacterie volledig te verwijderen (tot 1.000 kve/l). Het toevoegen van tributyltinoxide en quaternaire ammonium verbindingen leidde vervolgens tot toename van de legionellabacteriën! Na 60 uur opnieuw onder hypochloriet (10 mg/l) en vervolgens

continu 2- 10 mg/l gedurende de zomer kon *Legionella* niet meer worden aangetoond.

Het gevaar van kortsluiting tussen een koeltoren en de luchtinlaten van een aircosysteem werd ook bevestigd in oktober 1985 bij een uitbraak in een hoofdkantoor van Politie in het Verenigd Koninkrijk [O'Mahoney 1989]. Ook hier werd dit gevaar met rooktracers aangetoond. De koeltoren was gedurende 2 jaar niet onderhouden, waarbij zich veel slib had gevormd in het koelwaterreservoir. Uit het slib kon *Legionella pneumophila* serogroep 1 worden geïsoleerd. Een opvallende constatering was verder dat er al een tijdlang sprake was van ziektegevallen met symptomen van het Sick Building Syndroom zonder dat men daarvoor een aanwijsbare oorzaak kon vinden. Men verwacht nu dat groei van micro-organismen in de slecht onderhouden koeltoren en airconditioner de oorzaak zijn geweest van deze symptomen die uiteindelijk hebben geleid tot legionellose besmettingen.

Begin 1989 deed zich in het centrum van Londen een epidemie voor van legionellose bekend onder de naam "Picadilly Circus Legionnaires' disease outbreak" [Watson 1994]. Het ging om een besmetting met *Legionella pneumophila* serogroep 1 met 45 ziektegevallen, waarvan 8 mensen overleden. Onderzoek toonde aan dat bij twee van vijf onderzochte koeltorens de geïsoleerde bacteriën overeen kwamen met de bij de patiënten aangetroffen bacteriën. De onderzochte koeltorens werden onvoldoende onderhouden, dat wil zeggen technische kennis ontbrak, er was geen documentatie en er was een slechte controle op de onderhoudscontractor.

Het bewijs voor lange afstand transport van *Legionella pneumophila* werd geleverd naar aanleiding van een besmetting in Sheboygan, Wisconsin (USA) waarbij 29 ziektegevallen en 2 doden [Addiss 1989]. Na langdurig brononderzoek werd een overeenkomstige bacterie aangetroffen in hoge concentraties ( $> 10^6$  kve/l) in een koeltoren (capaciteit 50 ton) bij een industrie op enige afstand van de bebouwde kom. Het hoogste aantal ziektegevallen werd aangetroffen binnen 800 meter van de koeltoren. 21 van de 29 gevallen werden aangetroffen binnen een straal van 1,6 km vanaf de koeltoren. 7 van de resterende 8 gevallen hadden zich in het gebied van 1,6 tot 3,2 km van de koeltoren voorgedaan. De auteurs concluderen dat deze case bevestigt dat besmetting over grotere afstanden kan plaatsvinden dan tot op dat moment was aangenomen.

In augustus 1993 was er een uitbraak van legionellose in Fall River, Massachusetts (USA) met 11 ziektegevallen [Keller 1996]. Ook in dit geval ging het om een *Legionella pneumophila* serogroep 1 besmetting en kon een koeltoren op een gebouw als bron worden aangewezen. De auteurs stellen vast dat de relatie tussen legionellose en het functioneren van koeltorens is aangetoond, maar dat data ontbreken van individuele ziektegevallen die niet gekoppeld zijn aan een uitbraak. Ze

wijzen op het belang van epidemiologische studies van niet aan een uitbraak gerelateerde legionellosegevallen om uiteindelijk te komen tot een effectieve strategie tegen verspreiding van de ziekte.

Naar aanleiding van een epidemie in 1994 in Delaware, USA zou uit onderzoek [Brown, 1999] blijken dat de koeltoren van het ziekenhuis de bron van besmetting waren voor een epidemie van legionellose. Ook hierbij lijkt een verband tussen afstand en besmettingsrisico aanwezig. Het onderzoek suggereerde dat overdracht van de bacterie hoofdzakelijk binnen een straal van 400 meter had plaatsgevonden, maar er waren ook aanwijzingen dat aerosolen over grotere afstanden zijn getransporteerd. De besmetting had waarschijnlijk plaatsgevonden via luchtinlaten met enkelvoudige filters op nog geen 100 meter van de koeltoren. In vergelijkbare luchtinlaten op gelijke afstand die echter waren uitgevoerd met HEPA-filters (High Efficiency Particulate Air filter) werd in het condensaat geen *Legionella* aangetroffen.

In oktober 1998 was er een uitbraak van legionellose met 18 ziektegevallen door *Legionella pneumophila* serogroep 1 in de staat Victoria (Australië). Vanuit een koeltoren op een industrieel complex kon dezelfde bacterie worden geïsoleerd als aangetroffen bij de patiënten [Formica 2000]. De bewuste koeltoren werd niet volgens bestaande richtlijnen onderhouden, dat wil zeggen geen regelmatige reiniging en desinfectie, geen maandelijkse microbiologische monitoring en geen logboek dat werd bijgehouden (bedoeld worden de Health Regulations uit 1999, S.R. No. 85/1990 Sect. 25.1, de richtlijn wordt op dit moment vernieuwd, zie buitenlandse wetgeving).

Begin 2000 was er in Melbourne, Australië een omvangrijke uitbraak van legionellose met 113 zieken en 2 doden [LEGIONNAIRES DISEASE 2001]. Patiënten en slachtoffers waren bezoekers van een zojuist geopend aquarium. De uitbraak kon ook in dit geval worden toegeschreven aan de aanwezigheid van legionellabacteriën in een koeltoren op het dak. Het vermoeden bestaat dat de koeltoren geïnfecteerd is geraakt doordat gronddeeltjes in de koeltoren zijn gewaaid tijdens intensieve graafactiviteiten op het terrein.

Onlangs is in het centrum van Melbourne, Australië een nieuwe uitbraak geweest, wederom veroorzaakt door een koeltoren. In dit geval betreft het een koeltoren op het dak van het Douglas Menzies gebouw in de stad [LEGIONNAIRES DISEASE 2001]. Twee patiënten werkten in het gebouw, maar van twee andere patiënten is bekend dat ze alleen langs het gebouw hebben gewandeld. Een patiënt is inmiddels overleden.

Zeer recentelijk (maart 2001) is er bericht over een uitbraak van legionellose bij de Ford Motor Co. in Cleveland, USA [LEGIONNAIRES DISEASE 2001]. Bij vier mensen is legionellose vastgesteld, twee patiënten zijn inmiddels overleden. De bron van de besmetting is nog niet vastgesteld maar de grootste verdenking gaat uit naar een koeltoren.

Korte casebeschrijvingen uit een overzicht van de tien grootste beschreven legionellose-epidemieën: [RIVM 2000]

- 1980 Burlington Vermont (USA). 85 ziektegevallen vanuit een koeltoren
- 1985 Stafford (GB) 103 ziektegevallen en 22 sterfgevallen door een legionellabesmetting vanuit een koeltoren van een ziekenhuis.
- 1979 Vasteras (Zweden) 68 ziektegevallen en 1 sterfgeval door een legionellabesmetting vanuit een koeltoren op een winkelcentrum.
- 1978 Memphis Tennessee (USA) 44 ziektegevallen door een besmetting vanuit een koeltoren op een ziekenhuis.
- 1988 Bolton (GB) 37 ziektegevallen door een besmetting vanuit een koeltoren in een machinefabriek.

De casebeschrijvingen in de literatuur zijn hoofdzakelijk afkomstig uit de Verenigde Staten, Australië en het Verenigd Koninkrijk. Eén van de bedrijfsbezoeken die naar aanleiding van de enquête is uitgevoerd, betrof een Nederlands kantoorgebouw waarbij men ook *Legionella* heeft vastgesteld in gebouwgebonden koeltorens. Hierbij gaat het om twee identieke recirculerende open systemen voorzien van een vullichaam. De koeltorens worden alleen ingezet als de buitentemperatuur boven 13 °C uitkomt, zodat ze een groot deel van het jaar stilstaan. Opvallend is het uitgestrekte kunststof leidingensysteem waarin het koelwater wordt getransporteerd. Het systeem wordt gevoed met drinkwater en de spui vindt automatisch plaats op basis van de geleidbaarheid van het koelwater. Op vrij korte afstand van de koeltorens bevindt zich de inlaat van het luchtbehandelingssysteem. In het voorjaar van 1999 werden tijdens een warme periode legionellaconcentraties gemeten van 30.000 kve/l oplopend tot meer dan 1.000.000 kve/l waarna men besloten heeft tot onmiddellijke desinfectie met hypochloriet. Vervolgens is een periodieke dagelijkse behandeling met hypochloriet en zoutzuur ingesteld. Inmiddels is men overgestapt op een UV-desinfectie op een deelstroom vanuit de waterbak in combinatie met een maandelijkse monitoring op *Legionella*. Bij de eerste analyse kon geen *Legionella* worden aangetoond.

Deze case geeft aan dat ook in Nederland problemen met *Legionella* in gebouwgebonden koeltorens veroorzaakt door onvoldoende beheer kunnen optreden. Ongeacht de oplossing die is gekozen, is het belangrijk vast te stellen dat men een

periodieke beheersmaatregel heeft ingesteld waarvan de effectiviteit periodiek wordt gecontroleerd en dat men daarmee bewust is geworden van de problematiek.

#### **7.6 Overzicht ontwerprichtlijnen en beheersmaatregelen**

Uitgaande van het literatuuroverzicht is een totaaloverzicht gemaakt van de ontwerprichtlijnen en beheersmaatregelen die in de verschillende referenties zijn aangetroffen.

Het overzicht staat vermeld bijlage III (koeltorens) en IV (luchtbehandeling). In eerste instantie zijn per referentie alle richtlijnen en maatregelen getabuleerd. Vervolgens is deze tabel gesorteerd conform het volgende schema.

##### **Koeltorens**

- Beheersmaatregelen
  - Acties
  - Buiten bedrijf
  - Chemicaliën
  - Logboeken
  - Monitoring
  - Noodprocedures
  - Reiniging
  - Opstarten
  
- Ontwerpcriteria
  - Algemeen
  - Demisters
  - Doseringen
  - Drain
  - Locatie
  - Materiaal
  - (zon)licht
- Onderhoudsrichtlijnen (ongesorteerd)

##### **Luchtbehandeling**

- Beheersmaatregelen
- Ontwerprichtlijnen

#### **7.7 Overzicht actiegrenzen**

Als onderdeel van het aspect “monitoring” bij koeltorens is in de tabel van bijlage III niet in detail ingegaan op de actiegrenzen waaraan analyseresultaten betreffende *Legionella* worden getoetst. Deze zijn terug te vinden in het overzicht van bijlage II.

Uit dit overzicht blijkt dat ertussen landen grote verschillen zijn in actieniveaus voor *Legionella* in koelwater.

In Japan ligt de gewenste concentratie onder 1.000 kve/l, tot 10.000 kve/l geldt als observatie range (met nieuwe test na 2 tot 3 weken) en boven 10.000 kve/l als gevaarlijke range waarbij desinfectie moet worden overwogen. Bij concentraties boven 1.000.000 kve/l is er in Japan sprake van een noodsituatie (de Japanse Code of Practice is nog niet definitief).

In Singapore geldt dat *Legionella* niet aangetoond mag worden in het koelwater. Bij concentraties tot 100.000 kve/l moet het onderhoudsprogramma worden herzien, tussen 100.000 kve/l en 1.000.000 kve/l ontstaat een potentieel gevaarlijke situatie met o.a. noodzaak tot desinfectie en boven 1.000.000 kve/l is er sprake van een noodsituatie met sluiting van de toren.

In het Verenigd Koninkrijk is onder 100 kve/l het systeem onder controle, tussen 100 en 1.000 kve/l moet het beheer en onderhoud onder de loep worden genomen en boven 1.000 kve/l moet corrigerend worden opgetreden (desinfectie).

Ook in Nederland worden door de industrie actiegrenzen gehanteerd. Uit gesprekken met een tweetal industrieën in Nederland die zijn uitgevoerd in het kader van dit onderzoek blijkt dat men in een eigen beheersprotocol voor *Legionella* ook actieniveaus heeft opgesteld op basis van de aangetroffen legionellagehaltes in het koelwater.

Bij een bedrijf is het protocol gebaseerd op de Britse Code of Practice. Boven 1.000 kve/l (maar dit wordt mogelijk 10.000 kve/l) dient het koeltorensysteem te worden gedesinfecteerd, de omgeving afgezet etc. Dit dient te gebeuren tijdens bedrijf, omdat stoppen van de bedrijfsvoering moeilijk is en grote financiële consequenties heeft. Indien een telling boven 1.000.000 kve/l uitkomt, zou de bedrijfsvoering op grond van de gemaakte interne voorschriften wel gestopt worden. Door een andere industrie worden voor legionellaconcentraties de volgende criteria gehanteerd:

- concentratie  $L < 10.000$  kve/l: geen actie; continueren van de routine waterbehandelingen en controle
- concentratie  $L > 10.000$  kve/l: uitgebreidere desinfectie en eventueel additionele schoonmaakwerkzaamheden; een en ander in overleg met gecontracteerde firma;
- concentratie  $L > 100.000$  kve/l: overwegen om koeltoren buiten werking te stellen en daarop aansluitend onderhouds- en schoonmaakwerkzaamheden laten plaatsvinden.

Naast de gesignaleerde behoefte aan een toetsingkader toont dit overzicht aan dat er geen eenduidigheid bestaat over de toegepaste actieniveaus.



Buiten deze specifieke richtlijnen voor landen moet in dit verband het boek van Freije uit 1996 nog worden genoemd: “*Legionellae Control in Health Care Facilities*” [Freije 1996].

Hierin wordt voor koeltorens een overzicht gegeven van preventieve maatregelen met checklisten, desinfectiemethoden, calamiteitenplan, etc. Het boek lijkt hierdoor op een “modelbeheersplan” voor gezondheidsinstellingen voor wat betreft hun leidingwatersysteem, koeltorens en luchtbevochtigers.

Het boek verwijst naar richtlijnen opgesteld door PathCon laboratoria (USA) voor de interpretatie van legionella-analyses uitgevoerd met koelwater en leidingwater. In tabel 17 is een overzicht gegeven van deze richtlijnen [Freije; 1996].

Tabel 17 *Criteria opgesteld door de PathCon laboratoria voor de interpretatie van monsters genomen in gebieden bevolkt door “low risk individuals”*

<i>Legionella</i> in kve/l	cooling tower	domestic water
< 1.000	A	B
1.000 – 9.999	B	C
10.000- 99.999	C	D
100.000 – 999.999	D	E
> 1.000.000	E	E
A = low level of concern B = little concern but system is a potential amplifier for <i>L.</i> C= low but increased level of concern. Disinfection should be considered D = uncommonly high levels. Disinfect systems E = very high level. Outbreak potential. Disinfect system immediately		

Alhoewel men toegeeft dat de richtlijnen volledig arbitrair zijn, vindt Freije in zijn boek een niveau van 10.000 kve/l als maximum concentratie acceptabel voor koeltorens in ziekenhuizen, d.w.z. een locatie met risicogroepen.

Overigens kan niet worden uitgesloten dat er meer handboeken bestaan waarin op soortgelijke wijze actiegrenzen zijn gedefinieerd. Deze handboeken zijn in het kader van dit project niet geïnventariseerd.

### 7.8 Afstanden tot de systemen

Het concept voorlichtingsblad arbeidsinspectie [CV-13: 1989] stelt dat luchtinlaten van klimaatbeheersingsapparatuur zodanig dienen te worden gesitueerd dat deze geen lucht innemen die mogelijk microbiologisch is besmet door een nabijgelegen installatie (met name andere koeltorens). Koeltorens dienen, om kruisbesmettingen te voorkomen, op enige afstand van elkaar (bij voorkeur meer dan 1500 m) te staan. Ook dient rekening te worden gehouden met overheersende windrichting, benedenwindse situering en dergelijke. Voor de in CV-13 genoemde “1500 meter grens” bestaat geen wetenschappelijke basis.

Uit de casebeschrijvingen in paragraaf 7.5.2 blijkt dat veel besmettingsroutes vanuit koeltorens die zijn gepositioneerd op het dak van een gebouw relatief kort zijn. De afstand tussen besmettingsbron en een open raam, een luchtinlaat of het maaiveld bedraagt enkele meters tot enkele tientallen meters [Dondero 1980] [Cordes 1980] [Band 1981] [Friedman 1987] . Diezelfde casebeschrijvingen geven echter ook aan dat in sommige gevallen aërosolen over grote afstand kunnen worden verspreid en een besmetting veroorzaken. Afstanden tot besmettingsbronnen die hierbij zijn vastgesteld, variëren van 100 meter [Brown 1999] tot 3.200 meter [Addiss 1989]. In het laatste geval betrof het een industriële koeltoren.

Er moet dus rekening worden gehouden met transport van aërosolen over grote afstanden. Hierdoor zullen de besmettingsroutes rond gebouwen met een koeltoren geplaatst op het dak niet lang genoeg zijn om een kans op blootstelling aan aërosolen te voorkómen. De situering van luchtinlaten ten opzichte van koeltorens blijft echter van belang als rekening wordt gehouden met bijvoorbeeld de afscherming door het gebouw zelf of overheersende windrichtingen.

## 8 Conclusies en aanbevelingen

Bij aanvang van dit onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

1. welke installaties of systemen zijn in Nederland in gebruik voor koeling en luchtbehandeling?
2. onder welke wetgeving ressorteert het gebruik van deze installaties en systemen in Nederland?
3. welke installaties of systemen voor koeling en luchtbehandeling vormen, gelet op hun constructie, een risico ten aanzien van de ontwikkeling en verspreiding van *Legionella*?
4. op welke wijze kan de groei en het ontstaan van *Legionella* in bestaande installaties of systemen voor koeling of luchtbehandeling worden voorkomen of beheerst?
5. welke eisen moeten aan te ontwerpen of aan te brengen installaties of systemen worden gesteld om de groei van *Legionella* te voorkomen c.q. te beperken?
6. wat zijn de kosten die aan de preventieve maatregelen zijn verbonden?

In dit hoofdstuk zijn door middel van de belangrijkste conclusies van het onderzoek de verschillende onderzoeksvragen beantwoord. Daarnaast is een aantal aanbevelingen geformuleerd.

### Onderzoeksvraag 1

In dit onderzoek is een overzicht gegeven van koeltorensystemen en luchtbevochtigingssystemen die in de praktijk worden toegepast (hoofdstuk 3 en hoofdstuk 4). Alle systemen genoemd in deze hoofdstukken worden ook in Nederland toegepast.

Koelsystemen met koeltorens die worden ingezet bij de klimaatbeheersing in gebouwen (comfortkoeling) maken in dit onderzoek geen onderdeel uit van een luchtbehandelingsinstallatie maar zijn separaat als koeltorensysteem behandeld.

### Onderzoeksvraag 2

Als onderdeel van de literatuurstudie is een inventarisatie gemaakt van de bestaande Nederlandse wetgeving op het gebied van koeltorensystemen en luchtbehandelingsinstallaties. Dit geeft aanleiding tot de volgende conclusies:

In de Nederlandse wetgeving zijn in de huidige situatie geen richtlijnen opgenomen die specifiek betrekking hebben op aanpak van de legionellaproblematiek in koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties. De Arbowet, de Wet Milieubeheer en de Woningwet bieden mogelijke kapstokken voor nadere regeling van legionellapreventie bij koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties.

Volgens de Arbowet heeft een werkgever de plicht een RI&E uit te voeren voor koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties als werknemers, zowel die in het gebouw werken als (intern) onderhoudspersoneel dat aan die installaties werkt, risico lopen op een besmetting met *Legionella*. Dat geldt ook voor die situaties waarbij werknemers worden blootgesteld aan de bacterie zonder dat ze zich hiervan bewust zijn.

De Arbowet biedt de mogelijkheid voorschriften op te nemen voor de toepassing, het ontwerp, het bedrijven en het onderhouden van koeltoren- en luchtbehandelingsystemen met als doel de blootstelling aan aërosolen van medewerkers zo veel mogelijk te beperken.

De Wet Milieubeheer biedt bijvoorbeeld via het Besluit Voorzieningen en Installaties Milieubeheer de mogelijkheid om regels op te nemen voor bedrijfsgrensoverschrijdende emissies van met name koeltorensystemen.

De Woningwet biedt via het Bouwbesluit de mogelijkheid om binnen het onderwerp “ventilatie” voorschriften op te nemen met betrekking tot de inrichting van het koelsysteem of de luchtbehandelingsinstallatie of met betrekking tot plaatsing van luchtinlaten ten opzichte van koeltorens of andere installaties die aërosolen emitteren.

Richtlijnen voor onderhoud aan luchtbehandelingsinstallaties zijn vastgelegd in een handboek uitgegeven door de Vereniging van Nederlandse Installatiebedrijven. De onderhoudsrichtlijnen met betrekking op *Legionella* zijn gebaseerd op het concept voorlichtingsblad CV-13. Beide documenten hebben geen wettelijke status.

Op basis van de bestaande wet- en regelgeving is er reden om preventieve maatregelen ten aanzien van *Legionella* in koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties landelijk te borgen.

### **Onderzoeksvraag 3**

Als onderdeel van dit onderzoek is een risicoanalyse uitgevoerd op basis van ontwerpgegevens en inzicht in de werking van de verschillende geïnventariseerde systemen (hoofdstuk 5). Gecombineerd met informatie uit de literatuur en informatie van respondenten leidt dit tot de volgende conclusies:

De kansen op groei en verspreiding van *Legionella* in luchtbevochtigingssystemen zijn ten opzichte van koelsystemen kleiner omdat bij de bevochtiging van lucht in principe koud drinkwater wordt verneveld of versproeid.

Van de luchtbevochtigingssystemen geven sproei- en bevoeiingsbevochtigers de grootste kans op groei en verspreiding van *Legionella* en dus de grootste kans op blootstelling aan *Legionella*.

Van de koeltorensystemen geven de open koeltorens met vullichamen of interne warmtewisselaars, waarbij het koelwater wordt gerecirculeerd, de grootste kans op groei en verspreiding van *Legionella* en dus de grootste kans op blootstelling aan *Legionella*. Deze systemen treft men hoofdzakelijk aan bij of op gebouwen voor de klimaatbeheersing of bij de industrie/bedrijven voor de koeling van processen.

Op basis van een literatuurstudie gericht op uitbraken van legionellose veroorzaakt door koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties is vastgesteld dat bij vrijwel alle casebeschrijvingen de besmetting afkomstig is van koeltorens geplaatst op gebouwen in verband met klimaatbeheersing of luchtbehandeling (comfortkoeling).

#### **Onderzoeksvragen 4 en 5**

Tijdens het onderzoek is een inventarisatie gemaakt van ontwerprichtlijnen en beheersmaatregelen die kunnen worden toegepast voor het voorkómen van groei van *Legionella* en/of de vorming van aërosolen in koeltorensystemen en luchtbevochtigingsinstallaties (hoofdstuk 6). Daarnaast is op basis van de verzamelde literatuurgegevens een totaaloverzicht opgesteld van ontwerprichtlijnen en beheersmaatregelen (zie bijlage III en IV). Dit geeft aanleiding tot de volgende conclusies:

In alle opzichten is goed beheer en onderhoud van bestaande en nieuwe koeltoren- en luchtbevochtigingssystemen de eerste voorwaarde voor legionellapreventie. Met goed onderhoud wordt met name bedoeld het regelmatig mechanisch en chemisch reinigen van de totale installatie en registratie van de verrichte werkzaamheden. Met goed beheer wordt met name bedoeld periodieke controle van de chemicaliëndoseringen, periodieke kwaliteitsmetingen en registratie van de verrichte werkzaamheden.

Daar waar mogelijk kan bij nieuw te bouwen systemen worden gekozen voor een systeem waarbij de kans op groei en/of verspreiding van *Legionella* minimaal is (stoombevochtiging; luchtkoeling). In de praktijk geldt echter dat zowel voor koeltorensystemen als voor luchtbehandelingsinstallaties de keuze van het systeem door veel factoren wordt bepaald.

Voor vrijwel alle systemen met een reëel risico op groei en/of verspreiding van *Legionella* geldt dat er veel ontwerprichtlijnen zijn waarvan een belangrijke preventieve werking uitgaat. Het minimaliseren van het risico in het ontwerp dient de voorkeur te hebben boven het toepassen van beheersmaatregelen.

### **Onderzoeksvraag 6**

Ten aanzien van het aspect kosten kan het volgende worden geconcludeerd:

Voor zowel koeltorensystemen als luchtbevochtigingsinstallaties geldt dat het toepassen van de voor de verschillende systemen relevante ontwerprichtlijnen en beheersmaatregelen moet worden beschouwd als standaard voor een goed onderhoud en beheer van de systemen in algemene zin. Dit betekent dat de kosten die specifiek ten aanzien van *Legionella* dienen te worden gemaakt beperkt zullen blijven. Dit betekent ook dat systemen die een achterstand hebben in het onderhoud of door een slecht ontwerp niet goed kunnen worden beheerd wel te maken kunnen krijgen met aanzienlijke kosten om een inhaalslag te maken.

### **Overige conclusies van dit onderzoek**

Ook in Nederland is *Legionella* in hoge concentraties in luchtbevochtigingsinstallaties en koeltorensystemen aangetoond, maar deze installaties zijn in Nederland nog niet geïdentificeerd als een bron voor uitbraak van legionellose.

In de periode van 1996 tot en met 1999 zijn koeltorens in 10% van de gerapporteerde clusters van legionellose in 24 tot 28 Europese landen geïdentificeerd als de besmettingsbron (in 50 % van de clusters bleek de besmettingsbron onbekend).

Het bepalen van de mate van blootstelling aan *Legionella* via koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties uitgaande van rekenmodellen voor de verspreiding van aërosolen is op dit moment niet mogelijk omdat onvoldoende bekend is over het gedrag van *Legionella* in aërosolen. Tevens is de relatie tussen blootstelling en het risico van infectie niet bekend. Om die reden ligt het voor de hand de inspanningen voor beperking van de risico's op blootstelling aan *Legionella* te richten op enerzijds het voorkomen van groei van *Legionella* en anderzijds het voorkómen van de vorming van aërosolen.

Casestudies tonen aan dat aërosolen uit koeltorens over grote afstanden (3,2 km) kunnen worden getransporteerd en een legionellosebesmetting kunnen veroorzaken.

In dit onderzoek is vastgesteld dat het toepassen van adequaat onderhoud en beheer en het toepassen van de daaraan gekoppelde technische maatregelen relevant is voor zowel koeltorensystemen voor comfortkoeling als koeltorensystemen voor industriële koeling. Bij het opstellen van beleid kan het onderscheid tussen comfortkoeling en industriële koeling echter wel zinvol zijn op grond van de verschillende locaties voor de systemen (bebouwde omgeving en industriële omgeving) en de verschillen in omgang met het systeem.

In buitenlandse richtlijnen waaronder de Britse (HSC), Japanse en Singaporese Code of Practice (HSC) en de Health Regulations van de Victorian Government (Australië) worden verschillende actieniveaus genoemd waaraan de vastgestelde concentratie *Legionella* in koelwater kan worden getoetst. Gedefinieerde actieniveaus variëren van  $10^2$  tot  $10^6$  kve/l *Legionella*.

In Nederland is er op dit moment veel aandacht voor de legionellaproblematiek vanuit koeltorenbouwers en chemicaliënleveranciers. In hoeverre de daar aanwezige kennis echter in de praktijk ook wordt benut, hangt volledig af van de keuzes van de opdrachtgever.

Slecht onderhoud en/of onvoldoende beheer aan koeltorensystemen is één van de belangrijkste oorzaken voor groei van *Legionella* in het systeem.

#### **Aanbevelingen algemeen**

Op grond van de geconstateerde verschillen in kansen voor groei en verspreiding van *Legionella* tussen koeltorensystemen en luchtbehandelingsinstallaties (luchtbevochtiging) wordt aanbevolen voor beide categorieën een verschillende beleidsaanpak te hanteren.

Voor dit onderzoek is als uitgangspunt gehanteerd dat de kans op een besmetting met *Legionella* vanuit koeltorens en luchtbevochtigingsinstallaties dient te worden geminimaliseerd door het zoveel mogelijk verhinderen van groei van *Legionella* en het beperken van de vorming van aërosolen in deze systemen. Om meer inzicht te krijgen in de werkelijke kans op verspreiding van *Legionella* via aërosolen en de opties om de verspreidingskans te verlagen, wordt aanbevolen kennis te verwerven over de mate van verspreiding van *Legionella* via aërosolen door de genoemde systemen.

Voor de behandeling van recirculatiewater kan gebruik worden gemaakt van een grote variatie aan biociden (zie hoofdstuk 6 en overzicht in bijlage III). Biociden worden op dit moment met name in koeltorensystemen toegepast voor de bestrijding van biologische groei in algemene zin. Over de effecten op *Legionella* en met name ook *Legionella* in de biofilm is maar weinig bekend. Aanbevolen wordt onderzoek te doen naar het zo effectief mogelijk inzetten van biociden bij de bestrijding van *Legionella* in water en in de biofilm, dat wil zeggen een maximaal effect bij een zo gering mogelijk verbruik (minimalisatie milieubezwaren). Hierbij zou gebruik moeten worden gemaakt van gestandaardiseerde testmethoden, waarmee de effecten van een biocide onder geconditioneerde omstandigheden kunnen worden bepaald.

De Nederlandse wetgeving biedt de volgende kapstukken waarvan gebruik zou kunnen worden gemaakt voor het opstellen van regelgeving:

- De Wet Milieubeheer biedt een mogelijke kapstok voor het terugbrengen van het blootstellingsrisico aan *Legionella* als gevolg van bedrijfsgrens-overschrijdende emissie van aërosolen uit koeltorens.
- De Arbowet is de belangrijkste kapstok voor het reduceren van het blootstellingsrisico aan *Legionella* voor emissies van aërosolen binnen een bedrijf of gebouw. Richtlijnen of maatregelen om het besmettingsrisico vanuit luchtbevochtigers binnen bedrijven te verminderen, zouden gezien de intern gerichte emissie van de apparatuur volledig binnen de Arbowet geregeld kunnen worden. Indien gebouwgebonden luchtbevochtigers ook buiten bedrijven worden gebruikt, ligt toepassing van de Arbowet niet voor de hand.
- Het Bouwbesluit (Woningwet) biedt een mogelijke kapstok om bouwtechnische voorschriften op te nemen voor het aanbrengen van koeltorens en luchtinlaten op gebouwen.

#### **Aanbeveling luchtbevochtigingssystemen**

De eis die geldt voor drinkwater dat *Legionella* niet aantoonbaar is (< 50 kve/l), lijkt in het koelwater van koeltorensystemen niet realistisch. Voor luchtbehandelingsapparatuur kan wel worden overwogen een dergelijke eis voor het water in de luchtbevochtiging op te leggen. Belangrijk voordeel van deze eis is de eenvoudige handhaving.

De geringe kans op groei van *Legionella* in stoombevochtigers moet worden meegewogen bij de systeemkeuze voor de luchtbevochtiging als onderdeel van een luchtbehandelingsinstallatie.

Regelmatig onderhoud aan de bevochtigingssectie van een luchtbehandelingsinstallatie (reinen, desinfecteren) alsmede het droogzetten van een installatie die tijdelijk niet wordt gebruikt moeten vaste onderdelen uitmaken van het beheer van deze installaties.

#### **Aanbevelingen koeltorensystemen**

Op grond van de geconstateerde verschillen tussen koeltorensystemen voor comfortkoeling en koeltorensystemen voor industriële processen (locatie; omgang met het systeem in de praktijk; gebruiksduur) wordt aanbevolen voor beide systemen een verschillende beleidsaanpak te hanteren.

Aansluitend wordt aanbevolen bij het opstellen van beleid prioriteit te geven aan gebouwgebonden koeltorens bedoeld voor comfortkoeling, vanwege de vastgestelde grote risico's op besmetting met *Legionella* vanuit deze systemen. Een belangrijk uitgangspunt hierbij is dat er een definitie wordt opgesteld voor comfortkoeling en industriële koeling zodat in de praktijk een duidelijke scheiding kan worden gemaakt.



De koeltoren is de plaats waar aërosolen worden gevormd en geëmitteerd. De kans op vermeerdering van *Legionella* geldt voor het volledige koelsysteem. In dat opzicht is de grote aandacht voor het koelwaterbassin zoals dat in de huidige praktijk gebruikelijk is onvoldoende. Specifiek is voor gebouwgebonden koeltorens geconstateerd dat een gebrek aan aandacht aan de koeltoren (beheer en onderhoud) in algemene zin een belangrijke oorzaak is voor vermeerdering van *Legionella* in het systeem.

Er is een aantal mogelijke oplossingen om de bewustwording voor de legionellaproblematiek en de aandacht daarvoor bij eigenaren van koeltorensystemen te verbeteren:

- Eigenaren van koeltorensystemen verplichten een risicoanalyse voor het totale koelsysteem op te (laten) stellen op basis waarvan vervolgens een adequaat monitoringsprogramma en onderhouds- c.q. beheersplan dient te worden opgesteld.
- Eigenaren van koeltorensystemen verplichten tot het laten uitvoeren van een periodieke inspectie aan het koeltorensysteem door een daarvoor erkend bedrijf. Het doel hiervan moet zijn om in elke situatie te komen tot het juiste type onderhoud en beheer (waterbehandeling) onder de specifieke omstandigheden.
- Eigenaren van koeltorensystemen verplichten tot het uitvoeren van een voorgeschreven onderhoudsplan op basis van een indeling van elk afzonderlijk koeltorensysteem in een risicocategorie. De indeling in risicocategorieën kan plaatsvinden op basis van bijvoorbeeld afstand tot bebouwing, type bebouwing, type suppletiewater, type koeltoren, etc.

De aanpak die industrieën op dit moment reeds hanteren, wijst op de behoefte aan duidelijke toetsingscriteria bij het opstellen van een beheersprotocol voor koeltorensystemen. Hierbij gaat het met name om de te treffen maatregelen als functie van de aangetroffen concentratie *Legionella* in het systeem. Dergelijke toetsingscriteria die in buitenlandse richtlijnen (Singapore, Japan, UK) worden aangetroffen zijn echter niet gebaseerd op berekeningen van de mate van blootstelling in een bepaalde situatie en gegevens over het infectierisico in relatie tot de mate van blootstelling. Aanbevolen wordt nader te onderzoeken waarop de in de literatuur gevonden toetsingscriteria zijn gebaseerd en welke bescherming ze bieden tegen blootstelling aan *Legionella* uit koeltorensystemen.

Bij het opstellen van beleid voor koeltorensystemen moet rekening worden gehouden met het Bat REference Document van de Europese Unie zoals dat voor industriële koeltorens is opgesteld. Dit document probeert via een integrale benadering met een beschrijving van “Best Available Techniques” zowel de directe als indirecte impact op de verschillende milieucompartimenten van het bedrijven van industriële

koeltorensystemen te minimaliseren. Het document is richtinggevend en moet door de lidstaten van de Europese Unie per direct worden toegepast op nieuwe systemen. Alle bestaande systemen moeten voor 2007 voldoen aan de richtlijnen.

Bij het opstellen van beleid voor koeltorensystemen en luchtbehandelings-installaties moet verder rekening worden gehouden met de mogelijke milieu-impact van lozingen van bestrijdingsmiddelen en het feit dat daaraan eisen worden gesteld door de waterkwaliteitsbeheerder. Ook in dit verband kan worden verwezen naar het BREF-document van de Europese Unie (H 3.4 “Emissions from cooling water treatment”) waarbij veelvuldig wordt verwezen naar de goede Nederlandse situatie.

Aanbevolen wordt om voor de Nederlandse situatie een eenduidig protocol op te stellen voor het reinigen van koeltorensystemen.



## Literatuurlijst

ADDISS, D., e.a.: 1989. "Community-Acquired Legionnaires' Disease Associated with a Cooling Tower: Evidence for Longer-Distance Transport of *Legionella pneumophila*". American Journal of Epidemiology, Vol. 130, No 3, p. 557 – 567.

AKIHIRO, S. e.a. "Control of *Legionella* species and host amoeba by bis-quaternary ammonium compounds". URL: **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**, november 2000.

AKZO NOBEL. Folder "Natriumhypochloriet in Koelwater". Akzo Nobel Base Chemicals Technical Service.

ALLEN, K.W., H. Premph, M.S. Osman: 1999. "*Legionella* pneumonia from a Novel Industrial Aerosol". Communicable Disease and Health, Vol 2, No 4, p. 294 –296.

Anonymus: 1991. Betz Handbook of Industrial Water Conditioning. Betz Laboratories Inc. Trevosa PA.

Aqua Nederland: 1996. "Waterbehandeling van open recirculerende koelsystemen".

Arbo wetgeving

ASHRAE: 1998. "Legionellosis: Position Statement". American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, USA.  
URL: **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**, 28 november 2000.

ASHRAE: 2000. "ASHRAE Guideline 12-2000. Minimizing the Risk of Legionellosis Associated with Building Water Systems". ASHRAE Standards Committee, 5 februari 2000

ASTM: 1996. "Standard Guide for Inspecting Water Systems for Legionellae and Investigating Possible Outbreaks of Legionellosis (Legionnaires' Disease or Pontiac Fever)". American Society for Testing and Materials, D 5952 – 96.

AWT: 2000. "*Legionella*: An Update and Statement by the Association of Water Technologies (AWT)". Association of Water Technologies, USA. URL: **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**, 28 november 2000

BAKHUIZEN, J., L.A. Wattimena: 1992. "Bevochtiging in ventilatie-installaties". TG nr 11.

BALTUS, C.A.M., R.P.M. Berbee: 1996. "Het gebruik van biociden in recirculatiekoelsystemen". RIZA, notanr. 96.036.

BAND, J.D., e.a.: 1981. "Epidemic Legionnaires' Disease, Airborne Transmission Down a Chimney". JAMA, Vol 245, No 23, p. 2404 – 2407.

BERBEE, R.P.M.: 1997. "Hoe omgaan met actief chloor in koelwater". RIZA rapport 97.077, RIZA

BERBEE, R.P.M.: 1999. "Legionella in oppervlaktewater, in koelwater, in RWZI's, in .....; waar eigenlijk niet?". RIZA rapport 99.057, RIZA.

BERGS J.A.: 1991. "Van gezondheidsklachten naar een "gezond-bouwen" kwaliteit "state of the art". Klimaatbeheersing nr. 20, 1991.

BHOPAL R.S., e.a.: 1991. "Proximity of the home to a cooling tower and risk of non-outbreak Legionnaires' Disease". BMJ, volume 302, February 1991, p 378 – 383.

BINAX: 2001. Equate™ Legionella Water Test. Binax, Inc. 217 Read Street, Portland, Maine 04103 USA

Bouwbesluit: 1992.

BRONSEMA B.: 1995. "Over lucht en luchtfilters". Klimaattechniek nr. 11, 1995, p 8-15.

BRONSEMA B.: 1997. "Luchtbehandeling van de regen in de drup (1)". Klimaattechniek nr 7, 1997.

BROWN, C.M.: 1999. "A community outbreak of Legionnaires' disease linked to hospital cooling towers: an epidemiological method to calculate dose of exposure". International Journal of Epidemiology, 1999, vol 28, p.353 – 359.

BRUIJS M.C.M., e.a.: 2001. "Optimalisatie biocidegebruik met 'on-line' biofilmmonitoring in de praktijk". Watersymposium, 17 april 2001. Technologie Centrum Corrosie, Bilthoven.

CAMPESE, C., B. Decludt: 2000a. “Les Legionelloses Declarees en France en 1998”. Mars 2000. Institut de Veille Sanitaire.

URL: **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

CAMPESE, C., B. Decludt: 2000b. “Les Legionelloses Declarees en France en 1998”. Rectificatif: Septembre 2000. Institut de Veille Sanitaire.

URL: **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd..**

CDC: 1994. “Legionnaires’ disease, Part I. Issues on prevention of nosocomial pneumonia”, inclusief Appendices C en D. Centers for Disease Control and Prevention, USA.

URL’s: **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.,** 21 november 2000.

CDC: 1996. “Legionnaires’ disease, Recommendations for prevention of nosocomial Legionnaires’ disease”. Centers for Disease Control and Prevention, USA. URL: **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.,** 21 november 2000.

CORDES, L.G., e.a.: 1980. “Legionnaires’ Disease Outbreak at an Atlanta, Georgia, Country Club: Evidence for Spread from an Evaporative Condenser”. American Journal of Epidemiology, Vol 111, No 4, p. 425 –431.

CTI: 2000. “Legionellosis, Guideline: Best Practices for Control of *Legionella*”. COOLING TECHNOLOGY INSTITUTE, Texas, USA. Guidelines February 2000

CV 13: 1989. “Klimaatbeheersingsapparatuur, verontreiniging door micro-organismen”. Concept Voorlichtingsblad Arbeidsinspectie, Directoraat Generaal van de Arbeid, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Den Haag.

CV 26. “Gezonde kantoorgebouwen”. Concept Voorlichtingsblad Arbeidsinspectie, Directoraat Generaal van de Arbeid, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Den Haag.

DADA Consultancy 1985. Microbiologische risico’s van systemen voor klimaatbeheersing, rapport nr. 85-101, Nijmegen.

DHMH: 2000. “Report of the Maryland Scientific Working Group to study *Legionella* in water systems in healthcare institutions”. Department of Health & Mental Hygiene. State of Maryland, USA

URL: **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.,** november 2000.

DHS: 2000 “Legionnaires’ disease and cooling towers”. Department of Human Services, Environmental Health Unit, Victoria, Australia.

URL: **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**, 10 november 2000

DONDERO, T.J., e.a.: 1980. “An Outbreak of Legionnaires’ Disease Associated with a Contaminated Air-Conditioning Cooling Tower”. The New England Journal of Medicine, Vol 302. No 7, p. 365 – 370.

DONK, M. van, H.A. Jenner: 1996. “Optimization of biofouling control in industrial cooling water systems with respect to the environment”. Kema environmental services, in opdracht van RIZA.

DURING, E.D.D.: 1977. “De juiste waterbehandeling op de juiste plaats – 1. De waterbehandeling voor luchtbevochtiging”. Rapport Krachtwerktuigen, circulaire no. 141.

EC: 2000. “Reference Document on the application of Best Available Techniques to Industrial Cooling Systems”. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC).

EHB: 1994. “Japanese Code of Practice under construction, Guideline for prevention and control of *Legionella* infections”. Environmental Health Bureau, Ministry of Health and Welfare, Japan. Abstraction and rearrangement by K. Watanabe, Tokyo Gas Co. URL: **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

ELLIS K.V.: 1993. “Legionellosis: A concise Review”. JIWEM aug 1993, 7.

FORMICA, N., e.a.: 2000. “Legionnaires’ Disease outbreak: Victoria’s largest identified outbreak”. CDI, Vol 24, No 7, p. 199 – 202.

FRASER, D.W., e.a.: 1979. “Nonpneumonic, short-incubation-period Legionellosis (Pontiac Fever) in men who cleaned a steam turbine condenser”. Science, vol. 205, p. 690 – 691.

FREIJE, M.R., J.M. Barbaree: 1996. “Legionellae Control in Health Care Facilities. A Guide for Minimizing Risk”. HC Information Resources, 132 p.

FRIEDMAN, S, e.a.: 1987. “Pontiac Fever Outbreak Associated with a Cooling Tower”. American Journal of Public Health, Vol 77, No 5, p. 568 – 572.

GARBE, P.L., e.a.: 1985. “Nosocomial Legionnaires’ Disease, Epidemiologic Demonstration of Cooling Towers as a Source”. JAMA, Vol 254, No 4, p 521-524.

GEARY, D.F.: 2000. "New guidelines on *Legionella*". ASHRAE Journal, September 2000, p. 44 – 49.

GEVEKE: 2000. Condair Dual hybride luchtbevochtiger. (onderzoeksgegevens) Juli 2000.

GEZONDHEIDSRAAD: 1986. "Advies inzake Preventie van legionellose". Den Haag, 1986/6, 126 p.

GILPIN, R.W., e.a.: 1985. "Disinfection of circulating water systems by ultraviolet light and halogenation". Water Res., Vol. 19, No. 7, p. 839 – 848.

GODFREY, T: 2000. "New national guidelines for *Legionella*". Standard Australia. URL: **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**, 28 november 2000

HAM, Ph. J., M. Rolloos: 1988. "Airconditioning en legionellose". Ziekenhuishygiëne en infectiepreventie, 88-1, p. 3 - 11.

HAM, Ph. J., M. Rolloos: 1993. "Airconditioning en legionellose". Koude en luchtbehandeling, jaargang 86, nr 7.

Handboek Water: 1999. Handboek Water in de Industrie, hoofdstuk 3 Zuivering, paragraaf 1.4.1-5 Legionellabacteriën in watervoerende systemen. Ten Hage Stam, Den Haag

HEIDT, P.J., M. Rolloos: jaar onbekend. "Airconditioning en veteranenziekte". Tijdschrift niet bekend.

HEJAB, M.: 1993. "Water treatment for building services systems". BSRIA, Application guide AG 2/93.

HOOTS, J.E., B.V. Jenkins, E.C. Ray: 1993. "Choosing chemical dosage control for cooling water inhibitors and dispersants". Paper at the International District Heating and Cooling Association Meeting, Tulsa, Oklahoma, October 1993.

HSC: 2000. "Legionnaires' Disease: The Control of *Legionella* Bacteria in Water Systems: Approved Code of Practice and Guidance". Health and Safety Commission UK.



IEE: 1998. "Code of Practice for the Control of *Legionella* Bacteria in Cooling Towers in Singapore". Institute of Environmental Epidemiology, Ministry of the Environment, Singapore, Third edition.

INFUSU, A., B. Hubert, J. Etienne: 1998. "La Sous-Declaration de la Legionellose en France". Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire, nr. 38/1998. URL: **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

IQProducts: 2001. Productinformatie Microdetect systeem. URL: **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

ISSO: 1990. "Luchtfilters voor Comfortinstallaties". Publicatie 27. Stichting ISSO, Rotterdam.

ISSO: 2000. "Handleiding legionellapreventie in leidingwater". Publicatie 55.1. Stichting ISSO, Rotterdam, september 2000.

KELLER, D.W., e.a.: 1996. "Community outbreak of Legionnaires' Disease: An investigation confirming the potential of cooling towers to transmit *Legionella* species". Clinical Infectious Diseases, February 1996; vol 22, p. 257 – 261.

KIWA: 1999. "Biofilmvormingspotentie van leidingmaterialen voor binneninstallaties". KOA 99.079, juni 1999.

KIWA: 2001. Mondelinge informatie respondent, april 2001

KOOIJ, D. van der: 2001. "Legionellabacteriën, van ontdekking naar beheersing". Verwarming en Ventilatie. Februari 2001.

KOOL, J.L.: J.C. Carpenter, B.S. Fields: 2000. "Monochloramine and Legionnaires' Disease". Journal AWWA, Volume 92, Issue 9, September 2000, p. 88 – 96.

KRANEN, H.J. van: 1988. "De aanwezigheid van *Legionella* species in door drinkwater gevoede watersystemen in Nederland". Deel I en II. RIVM.

KUSNETSOV, J.M., e.a.: 1993. "Physical, chemical and microbiological water characteristics associated with the occurrence of *Legionella* in cooling tower systems". Water. Res., Vol. 27, No. 1, p 85 – 90.

KUSNETSOV, J.M., e.a.: 1997. "Efficacy of three prevention strategies against *Legionella* in cooling water systems". *Journal of Applied Microbiology*, 82, p. 763 – 768.

LEGIONNAIRE DISEASE 2001.

URL: **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

LEZERSFORUM: 1993. *Klimaatbeheersing* (22), nr. 7, juli 1993

MEYER, W.C.: 2000. "Avoid Legionellosis lawsuits over cooling towers". *Chemical Engineering*, September 2000, p. 113 – 117.

MIN. SZW: 2000. "*Legionella*: ook uw zorg. *Legionella* in een industriële omgeving". Publicatie B269, juli 2000.

MORTON, S., e.a.: 1986. "Outbreak of Legionnaires' disease from a cooling water system in a power plant". *British Journal of Industrial Medicine*, 43, p. 630 – 635.

NOS nieuws: 2000. "Koeltoren kunstmestfabriek verspreidt *Legionella*". URL: **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**, 29 november 2000.

O'MAHONEY, M, e.a.: 1989. "Legionnaires' Disease and the Sick-Building Syndrome". *Epidem. Inf*, Vol 103, p. 285 – 292.

ONDREY, G., C. Armesto, T. Kamiya: 1999. "COPs put the heat on cooling towers". *Chemical Engineering*, August 1999, p. 29 – 33.

ORTIZ-ROQUE, C.M., T.C. Hazen: 1987. "Abundance and distribution of *Legionellaceae* in Puerto Rican waters". *Applied and Environmental Microbiology*, Sept 1987, p. 2231 – 2236.

OSHA: 1999. "Technical Manual Section III: Chapter 7 Legionnaires' Disease". Occupational Safety & Health Administration, US Department of Labor. URL: **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

PETERSEN, P.: W.L. Bradford: 2000. "Cooling water, potential benefits from mixed-oxidant application in cooling tower maintenance". *Ultrapure Water*, May/June 2000, p 53 – 61.

PHOE: 2000. *Cursus energiebeheer*. Stichting Post Hoger Onderwijs Energiekunde, Hilversum.

PINNA, G.: 2000a. "Monitoring of airconditioning systems, hydrotherapy pools, food and water in the hospital environment". Biotech Laboratories Australia. URL: **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**, 10 november 2000.

PINNA, G.: 2000b "A four year review of *Legionella* and plate count analyses of cooling tower water". Biotech Laboratories Australia. URL: **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**, 10 november 2000.

PUCKORIUS P.R. et al.: 1995a. "Why Evaporative Coolers Have not Caused Legionnaires' Disease". ASHRAE Journal, januari 1995.

PUCKORIUS P.R., S.D. Strauss: 1995b. "Cooling Water Treatment". Power, mei 1995.

RIVM: 2000. URL: [www.rivm.nl/pers/bijlage \*Legionella\* .html](http://www.rivm.nl/pers/bijlage_Legionella.html), 2000

ROLLOOS M., R.W. Lanting: 1989. "Gezonde klimaatinstallaties". TVVL, p. 71-91.

SCHALEKAMP, J.: 2000 "Koeltorens en legionellapreventie". Lucht, jaargang 18 nr. 1, maart 2001.

SCHEURS, A.F.: 1997. "Bevochtiging in luchtbehandelingsinstallaties". Klimaatbeheersing/Koeltechniek, nr 3.

SDU Uitgevers. "Arbo-informatie. Biologische Agentia". Publicatie AI-9.

STANDARDS AUSTRALIA: 2000a. "Air-handling and water systems of buildings – Microbial control, Part 1: Design, installation and commissioning". Draft Australian / New Zealand Standard for comment DR 00268, September 2000.

STANDARDS AUSTRALIA: 2000b. "Air-handling and water systems of buildings – Microbial control, Part 2: Operation and maintenance". Draft Australian / New Zealand Standard for comment DR 00269, September 2000.

SUTHERLAND, E.E., S.G. Berk: 1996. "Survival of protozoa in cooling tower biocides". Journal of Industrial Microbiology, 16, p. 73 – 78.

TROUWBORST, T.: 1999. "Maatregelen ter Preventie van *Legionella* in (warm) leidingwater systemen". Environment and Health Consultancy (EHCON), 9 p.

VERBURG, R.: 1991. "Stoomluchtbevochtiging in moderne luchtbehandelingsinstallaties". Verwarming en ventilatie, april 1991, nr 4.

VICTORIAN GOVERNMENT: 2001. "Legionnaires' Disease: Managing the Health Risk Associated with Cooling Tower and Warm Water Systems". Regulatory Impact Statement Health (*Legionella*) Regulations 2001.

VINCENT-HOUDEK, M., e.a.: 1993. "*Legionella* monitoring: a continuing story of nosocomial infection prevention". Journal of Hospital Infection, 25, p. 117 – 124.

VNI: 1996. "Onderhoud Luchtbehandelingsinstallaties". VNI-Documentatie Technologie. Zoetermeer 1996.

VROM: 2000a. "Tijdelijke regeling legionellapreventie in leidingwater". Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, oktober 2000.

VROM: 2000b. "Alternatieve technieken voor legionellapreventie: kenmerken en beoordeling". Kiwa KOA-rapport 00.105; november 2000.

Waterleidingbesluit: 1984.  
Concept Waterleidingbesluit, oktober 2000.

WATSON, J.M., e.a.: 1994. "Picadilly Circus Legionnaires' disease outbreak". Journal of Public Health Medicine, Vol 16, No. 3, p 341 - 347

WERNER H.P. von, M. Putsch: 1991. "Bewertung des Infektionsrisikos durch Legionellen in Kühlkreisläufen von Kraftwerken" VGB Kraftwerkstechnik (71), 1991, Heft 8.

Wet Milieubeheer,  
Inrichtingen- en vergunningenbesluit: 1993

Wet Verontreinigingen Oppervlaktewateren: 1981  
Besluit aanwijzing soorten van inrichtingen: 1983

WHO: 1997. "Weekly epidemiological record". no. 34, 1997

WHO: 1998. "Weekly epidemiological record". no. 34, 1998

WHO: 1999. "Weekly epidemiological record". no. 33, 1999

WHO: 2000. "Weekly epidemiological record". no. 43, 2000

WOUDE B.J. van der, e.a.: 2001. "Maatregelen tegen biofilmvorming en biocorrosie". Watersymposium, 17 april 2001. Technologie Centrum Corrosie, Bilthoven.

YAMAMOTO, H., e.a.: 1992. "Factors stimulating propagation of Legionellae in Cooling Tower Water". Applied and Environmental Microbiology, April 1992, p. 1394 – 1397.

# Bijlagen



# **I Belangrijke aspecten van het BAT referentiedocument 'koeling'**



## Ontwerprichtlijnen (BAT)

Voor koeltorens dient bij de keuze en ontwerp van een nieuw systeem de aanpak te worden gevolgd zoals aangegeven in het Bat Referentiedocument 'koeling' (kortweg BREF-document) uitgegeven door de Europese Commissie in 2000 [EC 2000]. Dit document beschrijft de Best Available Techniques (BAT) op het gebied van industriële koeling. De bedrijven in de lidstaten van de EU zijn vanaf november 2000 gehouden dit document toe te passen bij het plannen en opzetten van nieuwe koelsystemen. Voor bestaande systemen dient implementatie van de BAT-principes uiterlijk in 2007 te zijn doorgevoerd.

In het ontwerptraject van een koeltoreninstallatie kan veel gedaan worden om te voldoen aan de principes van Best Available Techniques. Hieronder valt bijvoorbeeld het zodanig ontwerpen van een installatie dat het risico van legionellabesmetting (en andere microbiologische verontreiniging) gereduceerd wordt.

In het BREF document 'koeling' worden de volgende aanbevelingen gedaan waarmee in het ontwerptraject rekening moet worden gehouden.

### **Aanbevelingen in verband met de koelbehoefte van het proces**

De nodige maatregelen, bijvoorbeeld hergebruik van proceswarmte, dienen te worden getroffen om de behoefte aan koeling zo veel mogelijk te minimaliseren.

### **Aanbevelingen in verband met de locatiekeuze**

Bij opzetten van een geheel nieuwe productielocatie wordt voor temperatuurgevoelige processen voldaan aan het principe van best available technique door de locatie daar te kiezen waar het eventueel benodigde koelwater aanwezig is.

### **Aanbevelingen in verband met de benodigde koelenergie**

In de ontwerpfase van het proces wordt voldaan aan het principe van best available technique door:

- te streven naar een zo laag mogelijke stromingsweerstand voor water en lucht;
- energiezuinige apparatuur toe te passen;
- de hoeveelheid energieverbruikende apparatuur te minimaliseren;
- de koelwaterbehandeling dusdanig te optimaliseren dat oppervlakken vrij blijven van verontreiniging

### **Aanbevelingen in verband met het benodigde waterverbruik**

Over nieuwe systemen kan in het licht van het principe van best available technique het volgende worden opgemerkt:

- met het oog op de totale energiebalans is koelen met water het meest efficiënt;

- in geval van in gebruik nemen van een nieuwe locatie dient een locatie te worden gekozen waar voldoende (oppervlakte)water aanwezig is in gevallen van grote koelvraag;
- de koelvraag dient te worden geoptimaliseerd door warmtehergebruik te optimaliseren;
- op plaatsen waar de beschikbaarheid van water beperkt is, dient een techniek te worden gekozen waarbij minder water hoeft te worden gebruikt;
- in alle gevallen is gebruik van recirculerende systemen een mogelijkheid; hierbij dient echter naar een balans gezocht te worden met andere factoren zoals de benodigde waterconditionering en lagere energie efficiency.

#### **Aanbevelingen in verband met voorkomen van inzuigen van organismen**

De aanbevelingen richten zich op het verminderen van het inzuigen van vissen en andere waterorganismen. Geen enkele specifieke techniek voldoet in algemene zin aan het principe van best available technique. Dit is sterk locatiegebonden.

#### **Aanbevelingen in verband met emissies naar water**

Emissies naar water kunnen worden onderverdeeld in emissie van warmte en emissie van chemische substanties.

Voor wat betreft de emissie van warmte wordt geen specifieke techniek genoemd die voldoet aan het principe van best available technique. De locale situatie en regelgeving spelen zeker een rol bij de systeemkeuze.

Voor wat betreft de emissies naar de waterfase geldt dat op de ontwerptafel grotendeels wordt bepaald welke invloed een systeem op het milieu zal hebben.

De volgende stappen dienen in de ontwerpfase achtereenvolgens te worden genomen:

- identificatie van de procescondities (druk, temperatuur, corrosiviteit);
- vaststelling van de waterkwaliteit;
- selectie van de geschikte materiaalsoorten;
- identificatie van de operationele behoeften van het koelsysteem;
- selectie van geschikte vormen van waterbehandeling (met chemicaliën), waarbij een uitgangspunt is dat gebruik van chemicaliën met een geringere invloed op het milieu aangewezen is;
- selectie van een geschikt biocide;
- optimalisatie van doseerregimes door monitoring en systeemaanpassingen.

De volgende aanbevelingen worden in het BREF document koeling gegeven.

<b>Toepassing</b>	<b>Criterium</b>	<b>Primaire aanpak volgens het principe van BAT</b>	<b>Opmerkingen</b>
Alle natte koeltorensystemen	Toepassen van minder corrosiegevoelige materialen	Analyse van corrosiviteit van procesvloeistof en van koelwater ten einde het juiste materiaal te selecteren	
	Vermindering van vervuiling en corrosie	Ontwerp van koelsysteem op een zodanige manier dat stagnante zones worden voorkomen	
Shell&tube warmtewisselaar (mogelijk onderdeel van koelsysteem)	Ontwerp zodanig dat reiniging eenvoudig is	Koelwater in de pijpen, vervuilend medium aan buitenzijde	afhankelijk van procesontwerp, procestemperatuur en druk
Condensor van energiecentrales	Vermindering van corrosiegevoeligheid	Toepassen van titaan in condensers waar zeewater of brak water wordt gebruikt	
	Vermindering van corrosiegevoeligheid	Toepassen van corrosiebestendige legeringen	Toepassen van dit soort legeringen kan invloed hebben op vorming van pathogenen
	Mechanische reiniging	Gebruik van automatische reinigingssystemen met balletjes of borstels	Extra mechanische reiniging bij hoge waterdruk kan niet worden uitgesloten
Condensoren en warmtewisselaars	Vermindering van vorming van afzettingen in condensoren	Watersnelheid > 1,8 m/s voor nieuwe apparatuur	Afhankelijk van materiaal, waterkwaliteit en oppervlakte-behandeling
	Vermindering van vorming van afzettingen in warmtewisselaars	Watersnelheid > 0,8 m/s voor nieuwe apparatuur	Afhankelijk van materiaal, waterkwaliteit en oppervlakte-behandeling
	Vermijd verstoppingen	Gebruik filters	

Eenmalig doorstroomde koelsystemen	Vermindering van corrosiegevoeligheid	Toepassing van koolstofstaal in koelsystemen als dit uit oogpunt van corrosie mogelijk is	niet voor brak water
	Vermindering van corrosiegevoeligheid	Toepassing van glasvezelversterkte kunststof materialen, gecoat gewapend beton of gecoat koolstofstaal in geval van toepassing van ondergrondse leidingen	
	Vermindering van corrosiegevoeligheid	Toepassing van titaan voor pijpen in shell&tube warmtewisselaars in sterk corrosieve omgeving of een hoge kwaliteit RVS	titaan niet toepassen in een reducerende omgeving
Open natte koeltorens	Voorkomen van vervuiling in een zoutwater omgeving	Toepassen van een open vulling, die minder gevoelig is voor vervuiling	
	Voorkomen van neveneffecten van behandeling met anti fouling	CCA behandeling van houten delen of gebruik van TBTO houdende verf is geen best available technique	
Koeltorens met natuurlijke trek	Verminderen van anti fouling behandeling	Toepassen van een vulling die rekening houdt met lokale waterkwaliteit	

Waterbehandeling met chemicaliën dient zodanig te gebeuren dat emissies worden beperkt. De volgende technieken voldoen aan het principe van best available technique.

Toepassing	Criterium	primaire aanpak volgens principe van BAT	Opmerkingen
alle natte systemen	verminderen van gebruik van additieven	meten en regelen van de koelwaterchemie	
	gebruik van minder schadelijke chemicaliën	geen best available techniques zijn: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ chroomhoudende componenten;</li> <li>▪ kwikhoudende componenten;</li> <li>▪ organometalen;</li> <li>▪ mercaptobenzothiazole;</li> <li>▪ shock dosering van andere biocides dan chloor, broom, ozon en waterstofperoxide</li> </ul>	
eenmalig doorstroomde systemen en open natte koeltorens	doelgericht biocide doseren	monitoren van macro vervuiling teneinde de biocide dosering te kunnen optimaliseren	
eenmalig doorstroomde systemen	beperken van gebruik van biocides	bij zeewater temperatuur onder 10-12 °C geen gebruik van biociden	in sommige gevallen kan een behandeling in de winter noodzakelijk zijn
	verminderen van de emissie van vrij oxidant (bijv. vrij chloor, broom)	variatie van verblijftijden en watersnelheden op basis van een waarde van 0,1 mg/l vrij oxidant bij de uitlaat	niet toepasbaar bij condensors

	emissie van vrij (rest) oxidant	vrij oxidant of vrij rest oxidant maximaal 0,2 mg/l bij uitlaat bij continue chloring van zeewater	24 uursgemiddelde
vervolg eenmalig doorstroomde systemen	emissie van vrij (rest) oxidant	vrij oxidant of vrij rest oxidant maximaal 0,2 mg/l bij uitlaat bij discontinue chloring van zeewater	24 uursgemiddelde
	emissie van vrij (rest) oxidant	vrij oxidant of vrij rest oxidant maximaal 0,5 mg/l bij uitlaat bij continue chloring van zeewater	uurgemiddelde, gedurende een dag ten behoeve van proces controle
	verminderen van de hoeveelheid hypochloriet in zoet water	continue chloring van zoet water is <u>geen</u> best available technique	
Open natte koeltorens	verminderen van hoeveelheid hypochloriet	handhaven van pH-waarde van het koelwater tussen 7 en 9	
	verminderen van hoeveelheid biocide en verminderen van spuihoeveelheid	toepassing van filters geplaatst in deelstroom is best available technique	
	verminderen van emissie van snel hydroliserende biocides	sluit spui tijdelijk na doseren	
	toepassen van ozon	gehalte onder 0,1 mg/l ozon	beoordelen van totale kosten ten opzichte van toepassen van andere biocides

### Aanbevelingen in verband met emissies naar lucht

Vergeleken met emissies van water hebben emissies naar lucht, met uitzondering van pluimvorming, tot nu toe weinig aandacht gekregen.

Enkele aanbevelingen hieromtrent worden in het BREF-document 'koeling' gegeven.

Toepassing	Criterium	<b>primaire aanpak volgens het principe van BAT</b>	Opmerkingen
Alle natte koeltorensystemen	verhinderen van emissie van pluim naar grondniveau	pluimemissie op bepaalde hoogte en met een bepaalde minimale luchtsnelheid bij de torenuitlaat	
	verhinderen van pluimvorming	toepassen van hybride techniek of andere pluimonderdrukkende maatregelen zoals herverhitten van de lucht	Afhankelijk van lokale omstandigheden
	Gebruik van minder gevaarlijk materiaal	gebruik van asbest, hout geconserveerd met CCA of TBTO is geen best available technique	
	Invloed op binnenklimaat	ontwerp dient zodanig te zijn en de torenuitlaat dient zodanig gesitueerd te zijn dat inname van lucht door luchtbehandelingssystemen van gebouwen wordt vermeden	Vermoedelijk is dit minder belangrijk voor grote koeltorens met natuurlijke trek, die een aanzienlijke hoogte hebben
	Vermindering van driftverliezen	Toepassen van druppelvangers met een rendement > 99,99% als percentage van de recirculerende waterhoeveelheid	Lage luchtweerstand dient te worden gehandhaafd

**Aanbevelingen in verband met emissies van geluid**

Geluidsemissies hebben een plaatselijk effect. Een aantal primaire en secundaire maatregelen kan worden genomen om de emissie van geluid te verminderen. Dit varieert van aanpassing van de ventilator tot bouwen van geluidsschermen.

**Aanbevelingen in verband met kans op lekkage**

Teneinde de kans op lekkage te verminderen dient aandacht te worden besteed aan het ontwerp van warmtewisselaars, schadelijkheid van de processubstantie en de koelconfiguratie.





## II Overzicht buitenlandse richtlijnen

### EU

Omschrijving organisatie	European Commission
Titel	Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on the application of Best Available Techniques (BAT) to Industrial Cooling Systems
Auteurs	Onbekend
Jaartal	november 2000
Juridische basis	richtlijnen door lidstaten EU te implementeren in nationale wetgeving (IPPC directive uit 1996).
Doelgroep	Breed
Gericht op	BAT voor industriële koelsystemen

<p>Inhoud</p>	<p>Microbiologische risico's en reductie van deze risico's vormen slechts een beperkt onderdeel van het totale BAT-document.</p> <p>Technieken voor beperking van microbiologische risico's m.b.t. <i>Legionella pneumophila</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• gebruik schoonwater en pas een voorzuivering toe indien mogelijk;</li> <li>• voorkom lekkage uit het proces naar het koelwater</li> <li>• voorkom dode zones</li> <li>• beperk biologische groei door uitsluiting van zonlicht</li> <li>• goede toegankelijkheid voor reinigen</li> <li>• gebruik van drift eliminators, goed te reinigen of te vervangen</li> <li>• ontwerp voor zo laag mogelijke koud watertemperatuur</li> <li>• voorkom scaling en corrosie</li> <li>• ontwerp op optimale water- en lichtsnelheid</li> <li>• een minimum afstand van de koeltoren tot bewoonde gebieden is onmogelijk te geven, maar hou wel rekening met nabijheid van bewoonde gebieden;</li> <li>• minimaliseer de pluimvorming.</li> </ul> <p>Ook aandacht voor lokalisering koeltorens waarbij indeling in 4 categorieën</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• categorie 1: hoogste risico; in directe omgeving &lt; 200 m van een ziekenhuis of andere gezondheidsinstelling met patiënten</li> <li>• categorie 2: in de omgeving (&gt; 200 m) van een bejaardentehuis, hotel of ander gebouw waarin zich grote aantallen mensen bevinden</li> <li>• categorie 3: in een woonwijk of op een industriële locatie</li> <li>• categorie 4: laagste risico: geïsoleerd (&gt; 600 m) van een woonwijk</li> </ul> <p>Op basis van deze categorieën wordt monsterneming frequentie gebaseerd:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• cat. 1: maandelijks</li> <li>• cat. 2: maandelijks tot eens per kwartaal</li> <li>• cat. 3: eens per kwartaal tot jaarlijks</li> <li>• cat. 4: jaarlijks na de zomerperiode</li> </ul> <p>Ook aanwijzingen voor het bedrijven van koeltorens:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- voorzichtigheid is geboden bij “stops” and “start-ups”, vooral als er stilstand is gedurende ten minste 4 dagen;</li> <li>- P3-masker gebruiken bij het betreden van koeltorens</li> <li>- behandeling na aantreffen <i>Legionella pneumophila</i> door een combinatie van mechanische reiniging en shock-dosering van een biocide.</li> </ul>
---------------	---

Opmerkingen	zie BREF-document 3.7.3. Microbiological risks
-------------	--

## USA

Omschrijving organisatie	Occupational Safety & Health Administration (OSHA), US department of labor
Titel	Technical Manual
Auteurs	Onbekend
Jaartal	13 oktober 2000 gedownload van internet
Juridische basis	Onduidelijk
Doelgroep	Uitvoerenden risicoanalyses bij de industrie
Gericht op	leidingsystemen en koeltorens
Inhoud	Beheer leidingsystemen en koeltorens, desinfectie leidingsystemen koeltorens. Traject van risicoanalyse tot beheersplan Aanbevelingen koeltorens: <ul style="list-style-type: none"> <li>• periodieke visuele inspectie en onderhoud;</li> <li>• desinfectie met biocides, chloor, broom;</li> <li>• ontwerp: ontwerp op lage koelwatertemperaturen, goed ontworpen en goed passende drift eliminators</li> <li>• periodiek reinigen tenminste 2 keer per jaar;</li> <li>• schoonmaakprocedure volgens het Wisconsin protocol, combinatie chloor en biodespeermiddelen;</li> <li>• bijhouden onderhoudslogboek</li> </ul>
Opmerkingen	Uitgebreid stappenplan voor risico-inventarisatie op locatie verwijzing naar andere (overheids)richtlijnen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wisconsin Division of Health. <i>Control of Legionella in Cooling Towers: Summary Guidelines</i>. June 1987, Wisconsin Department of Health and Social Sciences.</li> <li>- Health Department Victoria; Melbourne Australia, "Guidelines for the Control of Legionnaires' Disease" in Environmental Health Standards, 1989.</li> </ul>

Omschrijving organisatie	American Society for Testing and Materials (ASTM)
Titel	Inspecting Water Systems for Legionellae and Investing Possible Outbreaks of Legionellosis
Auteurs	Onbekend
Jaartal	1996
Juridische basis	Geen wettelijke basis, aanbevelingen
Doelgroep	werknemers, eigenaren gebouwen, operators, beheerders, ARBO, volksgezondheid autoriteiten
Gericht op	inspectie en beheer van onder andere koeltorens, waterleidingsystemen enz.
Inhoud	Summier
Opmerkingen	

Omschrijving organisatie	State of Maryland, Department of Health & Mental Hygiene
Titel	Report of the Maryland Scientific Working Group to Study <i>Legionella</i> in Water Systems in Health Care Institutions
Auteurs	Wetenschappelijke werkgroep
Jaartal	14 juni 2000
Juridische basis	Geen wettelijke basis, aanbevelingen
Doelgroep	Ziekenhuizen en gezondheidsinstellingen
Gericht op	leidingsystemen en koeltorens
Inhoud	grotendeels probleem inventariserend, aanbevelingen niet in detail uitgewerkt (verwijzingen naar CDC, ASHRAE) Aanbevelingen koeltorens op ziekenhuizen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• drift eliminators aanbrengen;</li> <li>• periodiek gebruik biocides;</li> <li>• onderhoud volgens voorschriften fabrikant;</li> <li>• bijhouden onderhoudslogboek</li> </ul>
Opmerkingen	

Omschrijving organisatie	Cooling Technology Institute (CTI)
Titel	Legionellosis, Guideline: Best Practice for control of <i>Legionella</i>
Auteurs	Onbekend
Jaartal	Februari 2000
Juridische basis	Geen wettelijke basis, aanbevelingen
Doelgroep	Kopers en ontwerpers van koeltorens
Gericht op	Koeltorens
Inhoud	Beheer en desinfectie van koeltorens. Beheer koeltorens door: <ul style="list-style-type: none"> <li>• minimaliseer stilstand van water;</li> <li>• beperk lekken van voedingsstoffen vanuit het proces naar het koelwater;</li> <li>• houd het systeem schoon zodat afzetting van sediment wordt voorkomen;</li> <li>• gebruik anti scalants en corrosie inhibitors;</li> <li>• gebruik high efficiency mist eliminators;</li> <li>• Voer bacteriologische monsterneming uit.</li> </ul> Desinfecteer koeltorens met: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chloor;</li> <li>• biocides eventueel met biodispergeermiddelen.</li> </ul>
Opmerkingen	

Omschrijving organisatie	Centers for Disease Control and Prevention (CDC)
Titel	Legionnaires' Disease
Auteurs	Onbekend
Jaartal	Updated 26 maart 1996 (Download van 21-11-2000)
Juridische basis	Geen wettelijke basis, aanbevelingen
Doelgroep	Ziekenhuizen en gezondheidsinstellingen
Gericht op	Koeltorens, leidingsystemen en medische apparatuur
Inhoud	<p>bevat uitgebreide reinigingsprocedure voor koeltorens            Beheer en desinfectie strategie            Aanbevelingen koeltorens:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bij nieuwbouw, plaats koeltorens zo dat inname van aërosolen door het ventilatiesystemen van het ziekenhuis zoveel mogelijk vermeden worden;</li> <li>• bestaande koeltorens, plaats drift eliminators, periodiek gebruik biocides, onderhoud volgens specificaties fabrikant, bijhouden onderhoudslogboek;</li> <li>• desinfectiestrategie met chloor en dispergeermiddelen;</li> </ul>
Opmerkingen	

Omschrijving organisatie	Association of Water Technologies (AWT)
Titel	<i>Legionella</i> : An update and Statement by the Association of Water Technologies (AWT)
Auteurs	Onbekend
Jaartal	juli 2000 (download 28 november 2000)
Juridische basis	Geen wettelijke basis, aanbevelingen
Doelgroep	Breed: waterbehandelaars en gebruikers
Gericht op	Overzichtsartikel over leidingsystemen en koeltorens.
Inhoud	<p>Beheer en desinfectie strategie met zeer uitgebreide aanbevelingen            Aanbevelingen koeltorens:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ontwerprichtlijnen zoals: locatie koeltoren t.o.v. gebouwen, uitsluiten zonlicht cold waterbasin (i.v.m. algengroei), materiaalkeuze, eenvoud waterverdeelsysteem, inspectiemogelijkheden, volledige drainage mogelijk, voorzieningen voor waterbehandelingsprogramma's, high efficiency drift eliminators, filter en desinfecteer make-up water, multiple-cell tower basins;</li> <li>• richtlijnen bedrijfsvoering: reinig en desinfecteer de koeltoren bij eerste ingebruikname en na langdurige stilstand, waterbehandeling ter beheersing van corrosie, scaling en (bio)fouling, maak een onderhoudsplan met bijbehorend logboek, enz.</li> </ul>

Opmerkingen	
-------------	--



Omschrijving organisatie	American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers (ASHRAE)
Titel	Legionellosis: Position Statement
Auteurs	Onbekend
Jaartal	25 juni 1998 (download 28 november 2000)
Juridische basis	Geen wettelijke basis, aanbevelingen
Doelgroep	Technici
Gericht op	-
Inhoud	-
Opmerkingen	zeer beknopt, vervangen door richtlijnen mei 2000

Omschrijving organisatie	American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers (ASHREA)
Titel	ASHRAE Guideline 12: Minimizing the Risk of Legionellosis Associated with Building Water Systems.
Auteurs	-
Jaartal	10 februari 2000
Juridische basis	Geen wettelijke basis, aanbevelingen
Doelgroep	ontwerpers, eigenaren, installateurs, operators, gebruikers, onderhoudspersoneel en fabrikanten
Gericht op	Artikel over nieuwe richtlijnen van deze organisatie m.b.t. leidingsystemen en koelsystemen waaronder koeltorens en luchtbevochtigers in gebouwen
Inhoud	Beheer en desinfectie koeltorens. Ook hier weer aanbevelingen over de locatie van koeltorens
Opmerkingen	-

**UK**

Omschrijving organisatie	Health and Safety Commission (HSC)
Titel	Legionnaires Disease: The Control of <i>Legionella</i> Bacteria in Water Systems
Auteurs	Bijdragen van diverse organisaties en personen
Jaartal	november 2000 definitief
Juridische basis	Code of Practice; geeft praktisch advies op de eisen zoals geformuleerd in de "Health and Safety at Work Act 1974 (HSWA 74)" en de "Control of Substances Hazardous to Health Regulations 1999 (COSHH 99)".  vervangt Approved Code of Practice 1995 en de HS(G)70.
Doelgroep	Breed
Gericht op	Leidingsystemen en koelsystemen
Inhoud	<p>ACOP bestaande uit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• risk assessment</li> <li>• managing the risk (management responsibilities)</li> <li>• preventing or controlling the risk from exposure to <i>L.</i></li> <li>• record keeping</li> <li>• responsibilities of manufacturers, importers, suppliers and installers</li> </ul> <p>Guidance on the control of <i>Legionella</i> in water systems</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• cooling systems</li> <li>• management of cooling towers</li> <li>• treatment programmes</li> <li>• monitoring</li> <li>• cleaning and disinfection.</li> </ul> <p>Monitoring Action Levels following microbial monitoring <i>Legionella</i> in kve/l</p> <p>&lt; 100 system under control &gt; 100 &lt; 1000 review program operation &gt; 1000 implement corrective action</p> <p>Appendix</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- recommended inspection frequencies for risk systems</li> <li>- action in the event of an outbreak.</li> </ul>
Opmerkingen	

**Australië / Nieuw Zeeland**

Omschrijving organisatie	Standards Committee ME/62
Titel	Air-handling and water systems of buildings – Microbial Control Part 1: Design, installation and commissioning
Auteurs	Onbekend
Jaartal	15 september 2000
Juridische basis	nationale richtlijn
Doelgroep	Industrie
Gericht op	Koelsystemen
Inhoud	Uitgebreide richtlijnen voor ontwerp en beheer van koeltorens en luchtbehandelingsinstallaties: <ul style="list-style-type: none"><li>• veel aandacht voor ontwerp van de diverse onderdelen met verwijzingen naar andere richtlijnen</li><li>• drift eliminators</li><li>• locatie koeltorens, uit de buurt van inname lucht gebouwen en afzuigsystemen keukens;</li><li>• goed onderhoud</li><li>• controleer de waterkwaliteit</li></ul>
Opmerkingen	Concept status  Verwijzing naar Standards Australia/Standards New Zealand Handbook SAA/SNZ HB 32, <i>Control of microbial growth in air-handling and water systems of buildings.</i>

Omschrijving organisatie	Standards Committee ME/62
Titel	Air-handling and water systems of buildings – Microbial Control Part 2: Operation and maintenance
Auteurs	Onbekend
Jaartal	15 september 2000
Juridische basis	nationale richtlijn
Doelgroep	Industrie
Gericht op	Koelsystemen
Inhoud	Bepert aantal aanbevelingen m.b.t. onderhoudsfrequenties en desinfectiestrategie
Opmerkingen	Concept status

Omschrijving organisatie	Standards Committee ME/62
Titel	Air-handling and water systems of buildings – Microbial Control Part 3: Performance based maintenance of cooling water systems
Auteurs	Onbekend
Jaartal	onbekend
Juridische basis	nationale richtlijn
Doelgroep	Industrie
Gericht op	Koelsystemen
Inhoud	Niet beschikbaar voor dit onderzoek
Opmerkingen	Concept status

Omschrijving organisatie	Government Victoria State Melbourne Australia
Titel	Legionnaires Disease: Managing the Health Risk Associated with Cooling Tower and warm water systems  Regulatory Impact Statement Health ( <i>Legionella</i> ) Regulations 2001
Auteurs	Onbekend
Jaartal	2000
Juridische basis	Wet
Doelgroep	Eigenaren en beheerders koeltorens
Gericht op	Koeltorens en warmwatersystemen
Inhoud	Kosten baten afweging legionellawetgeving Victoria en Proposed Health ( <i>Legionella</i> ) Regulations 2001. Omvat onder meer richtlijnen voor onderhoud en controle + desinfectiemaatregelen.
Opmerkingen	De Health ( <i>Legionella</i> ) Regulations 2001 zijn opgenomen in bijlage 2 van deze RIS.

## Singapore

Omschrijving organisatie	Institute of environment epidemiology ministry of the environment, Singapore (IEE)
Titel	Code of Practice for the control of <i>Legionella</i> bacteria in cooling towers in Singapore
Auteurs	Onbekend
Jaartal	juni 1998
Juridische basis	Wet
Doelgroep	Eigenaars en beheerders van koeltorens
Gericht op	Koeltorens
Inhoud	Richtlijnen voor ontwerp, constructie en locatie koeltorens. Richtlijnen voor onderhoud en desinfectie. Checklist voor risico-inventarisatie en noodmaatregelen. Normering voor interpretatie analysedata: <ul style="list-style-type: none"><li>• <math>&lt; 10^5</math> kve/l; onderhoud is niet afdoende; advies voor wijzigen onderhoudsprogramma, monitoring en follow-up</li><li>• <math>10^5 - &lt; 10^6</math> kve/l; potentieel gevaarlijke situatie; waarschuwing om onderhoudsprogramma te herzien waarbij de desinfectiemethode aanvullend wordt herzien</li><li>• <math>&gt; 10^6</math> kve/l; gevaarlijke situatie; systeem onmiddellijk stilleggen en ontsmetten</li></ul>
Opmerkingen	

## Japan

Omschrijving organisatie	Enviromental Health Bureau, Ministry of Health and Welfare
Titel	Japanese Code of Practice under construction Guideline for prevention and control of <i>Legionella</i> infections
Auteurs	Abstraction and rearrangement by K. Watanabe
Jaartal	1995
Juridische basis	Wet
Doelgroep	Niet vermeld
Gericht op	Koelsystemen
Inhoud	Beheer en desinfectie
Opmerkingen	Stuk betreft Engelstalige samenvatting van de richtlijnen  Bevat 3 onderwerpen 1. onderzoekfrequentie van koeltorens voor <i>Legionella</i> 2. methoden voor reinigen van koeltorens en behandeling van koelwater 3. interpretatie van legionella-analyses met een categorie indeling: <ul style="list-style-type: none"><li>• gewenste range: &lt; 1.000 kve/l</li><li>• observatie range 1.000 – 10.000 kve/l (opnieuw testen na 2 /3 weken)</li><li>• gevaarlijke range 10.000 – 1.000.000 kve/l (desinfectie overwegen)</li><li>• range noodsituatie &gt; 1.000.000 kve/l (desinfecteren)</li></ul>

**Overig**

Omschrijving organisatie	-
Titel	<i>Legionella</i> Control in Health Care Facilities, a Guide for minimising Risk
Auteurs	Freije, M.R.; Barbaree, J.M.;
Jaartal	1996
Juridische basis	Geen wettelijke basis, aanbevelingen
Doelgroep	Ziekenhuizen en gezondheidsinstellingen
Gericht op	Leidingsystemen en koeltorens, maar ook iets over fonteinen
Inhoud	Beheer leidingsystemen en koeltorens, desinfectie leidingsystemen koeltorens. Traject van risicoanalyse tot beheersplan.
Opmerkingen	

### III Overzicht ontwerprichtlijnen en beheersmaatregelen Koeltorens

	Referentie	opmerking
<b>Beheersmaatregel</b>		
Gebruik schoon water en zorg zo nodig voor voorbehandeling van het koelwater	EC 2000	
Toepassen van deelstroomfiltratie met een techniek die ook in staat is organische deeltjes met lage dichtheid te verwijderen.	MEYER 2000	
Bacterie niveau en eventuele acties Aërobe kolonies <i>Legionella</i> (beide kve/l) <10.000 <100 geen actie 10.000–100.000 100-1000 controleer installatie > 100.000 >1000 extra doseringen en herbemonstering	HSC 2000	
Interpretaties van legionella-analyses (kve/l): <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;math&gt;10^5&lt;/math&gt;: onderhoud schema wellicht onvoldoende, verbeter programma</li> <li>• &lt;math&gt;10^5&lt;/math&gt;-&lt;math&gt;10^6&lt;/math&gt;: potentieel gevaarlijke situatie, waarschuwing brief dat procedures moeten worden aangescherpt</li> <li>• &gt;&lt;math&gt;10^6&lt;/math&gt;: gevaarlijke situatie, uit bedrijf van systeem</li> </ul>	IEE 1998	
Acties op legionellakiemen (kve/l): <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>L.</i> &lt;math&gt;&lt;100&lt;/math&gt; geen actie</li> <li>• <math&gt;100 &lt;="" 1000&lt;="" <i="" actie="" l.="" math&gt;="" om="" onderneem="">Legionella te verminderen. Als <i>Legionella</i> toeneemt, scherp dan het programma aan. Test opnieuw na 2-3 weken.</math&gt;100></li> <li>• <math&gt;1000 &lt;="" 10.000-100.000&lt;="" desinfecteer="" en="" l.="" li="" maak="" math&gt;:="" schoon<=""> <li>• <i>L.</i> &gt;&lt;math&gt;100.000&lt;/math&gt;: voer direct een chemische behandeling uit en volg de <i>L.</i>-concentratie terwijl er desinfecterende middelen worden gebruikt.</li> </math&gt;1000></li></ul>	EHB 1994	
Handel volgens een waterbehandelingsprogramma dat gericht is op een minimalisatie van corrosie en neerslag van vaste stof (organisch en anorganisch)	ASHRAE 1998	



De installaties moeten volgens een logisch vast schema worden bedreven binnen de ontwerpparameters	HSC 2000	
De spui van de recirculatiestroom moet zo groot zijn dat er geen ophoping zal optreden van opgeloste en niet opgeloste vaste stof (dit om scaling en vervuiling te verhinderen).	GODFREY 2000	
Systemen die meer dan drie dagen uit bedrijf zijn geweest, worden speciaal behandeld voor de opstart (schoonmaken, drainen, minstens twee biocide behandelingen, dit alles zonder lucht flow gedurende minstens 6 uur)	ASHRAE 1998	
Installaties die stand-by staan moeten minstens éénmaal per week, bij voorkeur op dezelfde dag en tijd, in bedrijf zijn waarbij tegelijk de benodigde chemicaliën en biocides worden gedoseerd en de waterkwaliteit wordt gemonitord. Dit moet zolang duren als nodig is om al het behandelde water over de installatie te verdelen	HSC 2000	
Als een systeem langer dan een week (tot een maand) buiten bedrijf is geweest moet het water direct na ingebruikname behandeld worden met een biocide	HSC 2000	
Als een systeem langer dan een maand buiten bedrijf is moet het systeem vol blijven staan met behandeld water dat eens per week wordt gecirculeerd en gecontroleerd op waterkwaliteit en concentratieniveau van het biocide. Is dit niet mogelijk dan moet de koeltoren wordt geleegd met een ontwateringsmiddel om corrosie te voorkomen en worden verzegeld.	HSC 2000	
Stand-by apparatuur zoals pompen moeten regelmatig (dagelijks) in bedrijf worden gesteld of anders afgekoppeld en gedraind	HSC 2000	
Wanneer een installatie voor langer dan een week buiten bedrijf is dient na ingebruikname het water direct te worden behandeld met een biocide	IEE 1998	
Wanneer een installatie voor meer dan een maand buiten bedrijf is dient de installatie te worden gedraind, schoongemaakt en gedesinfecteerd worden	IEE 1998	
Wanneer een installatie niet meer in gebruik is, dient deze te worden gedraind en drooggehouden.	IEE 1998	
Minder dan 1 mg/l Cl <sub>2</sub> is niet voldoende om groei van L. onder controle te houden. Meer dan 1 mg/l kan corrosie problemen geven	AWT 2000	

ClO <sub>2</sub> geeft goede remming van L. zonder corrosie problemen.	AWT 2000	
Gebruik van Cu ( 0.2 - 0.8 mg/l) Ag (0.02 - 0.08 mg/l)	ASHRAE 1998	
Werkconcentratie in de retourstroom: voor chloor: 0,5-1 mg/l; voor bromide:1-2 mg/l. Meer dan 2 mg/l moet worden vermeden vanwege corrosie; hoge pH vermindert de activiteit van chloor; de effectieve concentratie moet voor minstens 4 uur per 24 uur gelden; voor kleine systemen kan er worden gedoseerd op basis van systeem volume, in grote installaties wordt er gedoseerd op basis van recirculatieflow; niet oxiderende biocides hebben een langere werktijd. De werktijd wordt voornamelijk bepaald door de hydraulische verblijftijd van het water in de installatie; wanneer er niet-oxiderende biocides worden gebruikt moeten er minstens twee verschillende worden toegepast; ook bij deze biocides is de pH van invloed op de activiteit.	HSC 2000	
Opstart desinfectie met 5 mg/l vrij chloor gedurende 5 uur met de ventilator uit. Wanneer pH > 8 15-20 mg/l chloor	HSC 2000	
Dechloreren kan worden gedaan met natriumthiosulfaat, natriumsulfiet, of natriumbisulfiet	HSC 2000	

<p>Chemicaliën die gebruikt kunnen worden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- anti scaling: phosphonic zuur, synthetische organische polymeren en fosfaat polymeren</li> <li>- anti corrosie: ijzer: tweewaardige metaal ionen (koper); azolen</li> <li>- anti slijm: bacteriën en algen: chloor, waterstofperoxide, quaternaire ammoniumverbindingen, organische amides</li> </ul> <p>Een aantal van deze chemicaliën kan gemengd gedoseerd worden. Bijvoorkeur met een automatische dosering.</p> <p>Waterstofperoxide (enkele procenten): tegen slijm en voor desinfectie. Levert schuimvorming op.  Glutaraldehyde (paar honderd mg/l): tegen <i>Legionella</i>; niet corrosief voor metalen  Zoutzuur en sulfamine zuur (2-5 mg/l): tegen scaling en door lage pH desinfecterend ook voor <i>Legionella</i>. Sterk corrosief voor metalen  Cu: wel toxisch voor bacteriën maar waarschijnlijk niet voor <i>Legionella</i>.  Ag : toxisch voor bacteriën en <i>Legionella</i> maar vormt neerslag met chloride dus niet goed te gebruiken in koeltorens.</p> <p>Specifieke chemicaliën en technieken tegen <i>Legionella</i>:</p> <table border="0"> <tr> <td>2,4 –dibromo-5.5-dimethylhydantoin</td> <td>1 mg/l</td> </tr> <tr> <td>hexabromo-dimethylsulfone</td> <td>1 mg/l</td> </tr> <tr> <td>2,2,-dibromo-3-nitropropionamid</td> <td>6 mg/l</td> </tr> <tr> <td>2-bromo-2-nitropropane-1,3-diol</td> <td>8 mg/l</td> </tr> <tr> <td>isothiazolone verbinding</td> <td>20 mg/l</td> </tr> <tr> <td>methylene-bisthiocyanate</td> <td>50 mg/l</td> </tr> <tr> <td>quaternaire ammonium verbinding</td> <td>72 mg/l</td> </tr> <tr> <td>Ozon behandeling</td> <td>0.2-0.3 mg/l</td> </tr> <tr> <td>UV behandeling:</td> <td>helderwater</td> </tr> </table> <p>Dosering van chemicaliën:  Intermitterend (schok dosering): biocides om de 5-7 dagen.  Continue dosering: heeft gevaar van opbouw van gewenning en resistentie. Regelmatig veranderen van type biocide.</p>	2,4 –dibromo-5.5-dimethylhydantoin	1 mg/l	hexabromo-dimethylsulfone	1 mg/l	2,2,-dibromo-3-nitropropionamid	6 mg/l	2-bromo-2-nitropropane-1,3-diol	8 mg/l	isothiazolone verbinding	20 mg/l	methylene-bisthiocyanate	50 mg/l	quaternaire ammonium verbinding	72 mg/l	Ozon behandeling	0.2-0.3 mg/l	UV behandeling:	helderwater	<p>EHB 1994</p>	
2,4 –dibromo-5.5-dimethylhydantoin	1 mg/l																			
hexabromo-dimethylsulfone	1 mg/l																			
2,2,-dibromo-3-nitropropionamid	6 mg/l																			
2-bromo-2-nitropropane-1,3-diol	8 mg/l																			
isothiazolone verbinding	20 mg/l																			
methylene-bisthiocyanate	50 mg/l																			
quaternaire ammonium verbinding	72 mg/l																			
Ozon behandeling	0.2-0.3 mg/l																			
UV behandeling:	helderwater																			

<p>Gebruik van biocides</p> <p>Broom heeft voordelen boven chloor:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de desinfecterende werking is minder pH gevoelig</li> <li>- de stof is minder corrosief;</li> <li>- er ontstaan minder ongewenste bijproducten.</li> </ul> <p>Fentichloor {2,2'-thiobis(4-chloorfenol)} wekelijks gedurende 4 uur met een dosering van 200 mg/l is effectief. BCD {broom-chloor-dimethylhydantoin} met een initiële dosis van 300 mg/l toegepast in een slow release cartridge is effectief.</p> <p>Quaternaire ammonium verbindingen, die wereldwijd worden toegepast voor het voorkomen van biofouling in de koeltoren, blijken niet effectief tegen <i>Legionella</i>.</p>	OSHA 1999	chloorfenolen zijn in Nederland niet toegestaan {mondelijke informatie respondent}
Men vindt in de literatuur nogal uiteenlopende aanbevelingen voor de dosering van chloor.	HAM 1988	
De gebruikte biocides mogen geen negatieve invloed hebben op de detectiemethode voor <i>Legionella</i>	IEE 1998	
Installaties schoon houden; biocides gebruiken tegen bacteriegroei en chemicaliën tegen corrosie, scaling en vervuiling	VICT.GOV. 2001	
Vermijdt te hoge concentraties van chemicaliën omdat dit mogelijk scaling bevordert. Gebruik de Langelier index om de concentratie limiet te bepalen of een andere waterkwaliteit standaard.	EHB 1994	
Bescherm de gebruikte materialen tegen de corrosieve werking van de chemicaliën.	EHB 1994	
Continue dosering van chloor en broom resulterend in lage restconcentraties is effectief. Goede monitoring van de chloorconcentratie is nodig om een vrij chloorgehalte rond 1 mg/l te handhaven. Bij hogere gehalten bestaat het gevaar van corrosie (of aantasting van hout in de koeltoren). Lagere concentraties zijn minder effectief in afdoding van <i>Legionella</i> . Omdat boven een pH van 8 de effectiviteit van de chlorering afneemt, is ook het frequent monitoren van de pH van belang.	OSHA 1999 CTI 2000	voor relatief schone koeltorens
Continue dosering van biodispersant/biodetergent om de effectiviteit van biocide te vergroten (penetratie, verwijdering en dispersie van de biofilm)	CTI 2000	

<p>Toepassen van periodieke routinematige hyperchlorering. Minimaal 5 mg/l actief chloor gedurende ten minste 6 uur. Voor koeltorens</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- met lekkages</li> <li>- met veel biofouling</li> <li>- met vuil water als make-up water</li> <li>- na lange stagnatie</li> <li>- bij koloniegetal &gt; 100.000 kve/ml</li> <li>- bij <i>Legionella</i> &gt; 100 kve/ml</li> </ul>	CTI 2000	
<p>Reiniging van koeltorens volgens Wisconsin Protocol (= shock dosis van 50 mg/l chloor; dosering van biodispersant; handhaven van 10 mg/l chloor gedurende 24 uur; herhalen tot biofilm visueel niet meer zichtbaar)</p>	OSHA 1999	geen beheersmaatregel maar een noodmaatregel
<p>Toepassen van bis-quaternaire ammoniumverbindingen (QAC) in plaats van mono-QAC in verband met groter effect.</p>	AKIHIRO 2000	Gebaseerd op onderzoek naar effect op <i>Legionella</i> sp. en amoeben.
<p>Toepassing van monochlooramine als desinfectant.</p>	KOOL 2000	Onderzoek toont aan dat MCA effectiever is tegen bacteriën in biofilms en minder ongewenste nevenproducten geeft.
<p>Mixed Oxidant Solution (MIOX) m.b.v. elektrolytisch proces on site voor desinfectie koelwater.</p>	PETERSEN 2000	Kan biociden vervangen. Goede resultaten op verwijdering biofilms.
<p>Desinfectie met UV in circulerende waterstromen</p>	GILPIN 1985	Onderzoek toepassing in groot koelsysteem als alternatief voor biociden.
<p>Betrek bij de keuze van een biocide of een combinatie van biociden het effect van deze stoffen op protozoa</p>	SUTHERLAND 1996	Onderzoek toont aan dat niet alle biociden in staat zijn protozoa te doden.
<p>De installatie moet zoveel als mogelijk met enige regelmatig worden gebruikt</p>	HSC 2000	

Controleer demisters wekelijks op beschadigingen en kortsluitstroming.	FREIJE 1996																																														
Bij koelsystemen die discontinu functioneren en automatisch in en uit bedrijf gaan, verdient het biocide doseerprogramma bijzondere aandacht zodat een effectief niveau van biocide kan worden gehandhaafd.	HSC 2000																																														
Wanneer een installatie discontinu werkt moet deze minstens een maal per week in bedrijf worden gesteld waarbij het water wordt behandeld en onderzocht of de kwaliteit nog in orde is	IEE 1998																																														
Houd een logboek bij van alle verrichte handelingen en chemische behandelingen alsmede de resultaten hiervan	AWT 2000 ASTM 1996																																														
Er zal een logboek moeten worden bijgehouden met daarin: een beschrijving van de koeltoren, resultaten van de onderhoudsprocedures zoals: datum en resultaat van de visuele inspectie, datum van reiniging en desinfectie, datum van chemicaliën behandeling, monitoringsresultaten betreffende de waterkwaliteit en legionellamonsters	IEE 1998																																														
Er moet een logboek worden bijgehouden van de bacteriologische monitoring, de waterbehandeling en tests en de reiniging en desinfectie van de installatie.	DHS 2000																																														
Er moet regelmatig microbiologisch worden getest of een maatregel afdoende zijn	HSC 2000																																														
Voorbeeld van een typische monitoringsfrequentie: (3m = 3 maandelijks; m = maandelijks; w = wekelijks)	HSC 2000																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parameter</th> <th>voedingswater</th> <th>koelwater</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CaCO<sub>3</sub></td> <td>m</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>MgCO<sub>3</sub></td> <td>m</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Alkaliniteit</td> <td>3m</td> <td>3m</td> </tr> <tr> <td>Chloride</td> <td>m</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></td> <td>3m</td> <td>3m</td> </tr> <tr> <td>Geleidbaarheid</td> <td>m</td> <td>w</td> </tr> <tr> <td>Solids</td> <td>3m</td> <td>3m</td> </tr> <tr> <td>Inhibitors</td> <td>-</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Biocides</td> <td>-</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Temp</td> <td>-</td> <td>3m</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>3m</td> <td>w</td> </tr> <tr> <td>Fe</td> <td>3m</td> <td>3m</td> </tr> <tr> <td>Indikking</td> <td>-</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Micro. act.</td> <td>3m</td> <td>w</td> </tr> </tbody> </table>	Parameter	voedingswater	koelwater	CaCO <sub>3</sub>	m	m	MgCO <sub>3</sub>	m	m	Alkaliniteit	3m	3m	Chloride	m	m	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3m	3m	Geleidbaarheid	m	w	Solids	3m	3m	Inhibitors	-	m	Biocides	-	m	Temp	-	3m	pH	3m	w	Fe	3m	3m	Indikking	-	m	Micro. act.	3m	w		
Parameter	voedingswater	koelwater																																													
CaCO <sub>3</sub>	m	m																																													
MgCO <sub>3</sub>	m	m																																													
Alkaliniteit	3m	3m																																													
Chloride	m	m																																													
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3m	3m																																													
Geleidbaarheid	m	w																																													
Solids	3m	3m																																													
Inhibitors	-	m																																													
Biocides	-	m																																													
Temp	-	3m																																													
pH	3m	w																																													
Fe	3m	3m																																													
Indikking	-	m																																													
Micro. act.	3m	w																																													

Monster voor microbiologische bepalingen moeten niet worden genomen vlak nadat biocides zijn gedoseerd.	HSC 2000	
De frequentie voor het <i>Legionella</i> test programma is maandelijks voor ziekenhuizen en elke zes maanden voor andere gebouwen	IEE 1998	
Een monster moet worden genomen uit de opvangbak, of een ander monsterpunt. De installatie moet tijdens de monsternamen in bedrijf zijn, en het water moet voor minstens 1 uur hebben gecirculeerd. Het monster moet niet genomen zijn bij het water inname punt en het monster moet niet met opzet opgewervelde sedimenten bevatten	IEE 1998	
Het water moet minstens elke maand getest worden op gehalte aan micro-organismen	VICT.GOV. 2001	
Noodzakelijke informatie voor legionellamonster is: Locatie van de installatie, fabrikant, model, water capaciteit, monsterpunt, dag en tijd, watertemperatuur, soort en hoeveelheid van gedoseerde chemicaliën, datum van laatste chemicaliën toevoeging, pH en geleidbaarheid.	EHB 1994	
Gebruik dip slide om maandelijks de concentratie aan bacteriën te bepalen	FREIJE 1996	
Monitoring (analyse) moet ten minste eens per maand plaatsvinden.	PINNA 2000a	Vastgesteld o.b.v. uitgebreid analytisch onderzoek.
Meting van de waterkwaliteit zoals koloniegetal (kiemgetal), zoutconcentratie en pH zijn <u>onvoldoende</u> indicatoren voor een legionella-infectie. Periodiek gebruik van biocides is noodzakelijk.	OSHA 1999	
Bij de installatie behoort een manual met daarin: Bouwtekeningen van de installatie Reiniging, desinfectie en ontmantelingsprocedures Waterbehandeling procedure Stop en start procedures	IEE 1998	
Bij de installatie hoort een volledig waterbehandelingsvoorschrift inclusief monsterpunten, invoerpunten, overflows, drains en mogelijkheid tot dosering van chemicaliën. Bij voorkeur zijn de doseeropties automatisch.	HSC 2000	

<p>Manuals moeten de volgende informatie bevatten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de normale bedrijfsparameters</li> <li>- de limieten waarbinnen gewerkt kan worden</li> <li>- reinigings- en desinfectieprocedures</li> <li>- onderhoudsschema en frequentie</li> </ul>	HSC 2000	
<p>Er dient een uitgebreide systeembeschrijving te bestaan van het totale koelsysteem inclusief de details van de waterbehandeling. Voor beheer en onderhoud dienen duidelijk procedures op schrift te worden gesteld waarin o.a. informatie is opgenomen over toepassing en dosering van chemische middelen. Alle handelingen dienen te worden vastgelegd in logboeken.</p>	OSHA 1999	
<p>Controleer via kweekmethoden het gehalte aërobe heterotrofe micro-organismen in koelwater en op materiaaloppervlakken. Als snel alternatief monitoring op ATP toepassen.</p>	CTI 2000	
<p>Wanneer een systeem besmet is dan wordt de "ASHRAE Guideline 12" geadviseerd om te volgen. Dit moet niet routine matig gedaan worden vanwege de corrosiviteit en de giftige dampen.</p>	ASHRAE 1998	
<p>In geval van een legionella-uitbraak:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- direct ventilator uit;</li> <li>- monsters nemen;</li> <li>- circulatie pomp uit indien mogelijk;</li> <li>- autoriteiten waarschuwen;</li> <li>- personeel van installatie weghouden;</li> <li>- 50 mg/l vrij chloor in de installatie handhaven gedurende minimaal 6 uur (20 mg/l chloor absoluut minimum);</li> <li>- systeem dechloreren en drainen;</li> <li>- systeem mechanisch schoonmaken;</li> <li>- systeem vullen met weer 20 mg/l chloor gedurende 6 uur handhaven;</li> <li>- weer dechloreren en drainen;</li> <li>- systeem weer hervullen en microbiologisch testen.</li> <li>- wanneer geen <i>Legionella</i> meer wordt aangetoond kan systeem worden vrijgegeven.</li> </ul>	HSC 2000 FREIJE 1996	



<p>In geval van een noodsituatie moet de volgende acties worden genomen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- koeltoren afschermen van publiek d.m.v. hekken</li> <li>- ventilator uitschakelen</li> <li>- zo snel als mogelijk circulatiepomp uitschakelen</li> <li>- automatische doseringen stoppen</li> </ul> <p>Schoonmaak en desinfectie programma starten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- chloreten met 50 mg/l vrij chloor samen met een biodispersant</li> <li>- gedurende minstens zes uur circuleren (met een absoluut minimum concentratie aan vrij chloor van 20 mg/l)</li> <li>- na zes uur dechloreren en drainen</li> <li>- installatie handmatig schoonmaken (toren, opvangbak, distributie systeem)</li> <li>- installatie weer vullen en zes uur circuleren met 20 mg/l vrij chloor</li> <li>- dechloreren en drainen</li> <li>- hervullen, circuleren en monsters nemen</li> <li>- systeem opstarten wanneer er geen <i>Legionella</i> wordt aangetoond</li> </ul>	<p>IEE 1998</p>	
<p>Als het water meer dan 100.000 kve per ml aan kiemen bevat, moet extra biocide worden gedoseerd of een ander biocide, het waterbehandelingsprogramma moet worden herzien, fouten moeten worden gecorrigeerd, wijzigingen die herhaling kunnen voorkomen moeten worden uitgevoerd en het water moet opnieuw worden gecontroleerd.</p> <p>Als het water na een hertest weer meer dan 100.000 kiemen per ml bevat moet de installatie worden gedesinfecteerd, schoon gemaakt, weer gedesinfecteerd en weer getest. Deze stappen moeten net zo vaak worden herhaald tot er in monster die met een week tussenpoos worden genomen minder dan 100.000 kiemen per ml in het water zitten. Anders moet de installatie worden gesloten tot er een oplossing is voor het probleem. Deze stappen gelden ook voor het geval er <i>Legionella</i> wordt aangetoond in het water. Na uitvoeren van acties mag <i>Legionella</i> niet meer aantoonbaar zijn.</p>	<p>VICT.GOV. 2001</p>	

<p>In geval van een installatie stop:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- stop de circulatie</li> <li>- drain de installatie</li> <li>- reinig de installatie met een bezem</li> <li>- reinig het pakkingmateriaal met een hoge druk spuit</li> <li>- drain het vervuilde water zonder de rest van het koelwater te vervuilen</li> <li>- vul de installatie weer en stel de installatie weer in bedrijf</li> </ul> <p>Laat alle werkers beschermingsmiddelen gebruiken (maskers e.d.)</p>	EHB 1994	
<p>Bij een besmetting van de installatie met <i>Legionella</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sluit de drain, stop de ventilator</li> <li>- neem watermonster voor een <i>Legionella</i> telling</li> <li>- doseer biocides</li> <li>- laat het koelwater circuleren</li> <li>- blijf biocides doseren, wanneer chloor wordt gebruikt handhaaf dan een vrij chloorgehalte van 5-10 mg/l gedurende 12-24 uur</li> </ul>	EHB 1994	
<p>Wanneer dode leidingstukken niet kunnen worden voorkomen spoel ze dan regelmatig door. Vooral na een biocide behandeling</p>	AWT 2000	
<p>Reinig de installatie wanneer er aanslag van slijm, algen en vuil zichtbaar is</p>	AWT 2000	
<p>Wanneer er biocides worden gedoseerd moet alle stand-by apparatuur in bedrijf worden gesteld</p>	HSC 2000	

<p>De volgende schoonmaak en desinfectie procedure wordt gebruikt:</p> <p>1. Chlorering tot 5 mg/l, water circulatie met een biodispersant gedurende minstens zes uur. Wanneer de pH groter is dan 8 wordt er 15-20 mg/l vrij chloor gebruikt. Een alternatief voor de hoge pH is een hoge waterverversing om de pH en het chloorgehalte lager te maken</p> <p>2. Het circuit wordt gedraind en de toren, de opvangbak en het distributiesysteem worden handmatig gereinigd. Toegankelijke gedeeltes en het pakkingmateriaal worden gewassen. Scaling wordt verwijderd met chemicaliën, zodanig geselecteerd dat er geen beschadigingen van de installatie optreden. Reinigingen die nevels veroorzaken, zoals waterspuiten worden vermeden. Wanneer dit niet mogelijk is moet het worden uitgevoerd op het moment dat er geen andere personen in de buurt zijn en ramen en luchtinlaten gesloten zijn.</p> <p>3. De installatie wordt weer gevuld met water en gedurende minstens zes uur behandeld met 5 mg/l vrij chloor en een biodispersant</p> <p>4. De installatie wordt gedraind en gespoeld, weer gevuld met vers water met daarin de juiste doseringen van chemicaliën, inclusief biocides.</p>	IEE 1998	
<p>De biocides worden discontinu ('shot/slug dose') op intervalbasis gedoseerd direct in de opvangbak om microbiologische gewenning te voorkomen</p>	IEE 1998	
<p>Om <i>Legionella</i> te beheersen moet er elke maand chemisch worden gereinigd gecombineerd met een biocide</p>	EHB 1994	
<p>Reiniging: Mechanische reiniging heeft weinig effect op de concentratie van <i>Legionella</i> maar is belangrijk voor een effectieve waterbehandeling. De koudwaterbak moet regelmatig worden gereinigd. Bij cross-flow installaties moet extra aandacht worden gegeven aan de moeilijk bereikbare opvangbak. Ideaal is om de installatie 2-4 keer per jaar te drainen, te spoelen en alle oppervlakken goed schoon te maken.</p>	FREIJE 1996	

Reinig en desinfecteer de installatie regelmatig	FREIJE 1996	
Maak toren schoon voor een opstart. Dit geldt voor een ingebruikname maar ook voor een shut-down van meer dan 2- weken	AWT 2000	
Drain de installatie voor een uitbedrijfname	ASTM 1996	
Wanneer een systeem gedurende kort tijd niet gebruikt wordt moet het water een biocide bevatten	HSC 2000	
Extra schoonmaken en desinfectering in geval van: <ul style="list-style-type: none"> <li>- eerste opstart;</li> <li>- installatie stop voor langer dan vijf dagen;</li> <li>- wanneer er mechanische wijzigingen op de installatie zijn aangebracht;</li> <li>- wanneer er getwijfeld wordt aan het vrij zijn van het systeem van vervuiling;</li> <li>- wanneer microbiologische monitoring aangeeft dat er een probleem is</li> </ul>	HSC 2000	
Opstart desinfectie met 5 mg/l vrij chloor gedurende 5 uur met de ventilator uit. Wanneer pH>8 15-20 mg/l chloor	HSC 2000	
Na reiniging moet de installatie gedesinfecteerd worden met 5 mg/l chloor gedurende minstens 5 uur (of 2 uur met 25 mg/l of 1 uur met 50 mg/l). Wanneer de installatie een groter volume heeft dan 5 m3 moet het water na de vijf uur worden, gedraind en hervuld met vers water	HSC 2000	
Nieuwe installaties moeten voor ingebruikname worden gespoeld, chemisch gereinigd, behandeld tegen corrosie en microbiologische groei. Nieuwe componenten van de installatie zullen ook eerst worden gespoeld en behandeld alvorens in gebruik te worden genomen.	GODFREY 2000	
Alvorens een installatie in gebruik wordt genomen moet deze getest zijn op veiligheid en goede werking, schoon zijn, en er moeten maatregelen zijn getroffen om risico van besmetting gedurende normaal bedrijf en de opstart te beperken	IEE 1998	
Alvorens te starten met een biocide programma zal de installatie schoon moeten zijn	IEE 1998	
Voor een opstart moet de installatie worden gedesinfecteerd met chloride in combinatie met een compatible bio-dispersant; worden schoongemaakt en weer gedesinfecteerd Dit geldt voor elke opstart na een stop van meer dan een maand en regulier minstens elke zes maanden	VICT.GOV. 2001	

Wanneer een systeem voor langere tijd buiten bedrijf is moet deze schoon worden gemaakt voor de opstart	FREIJE 1996	
Nieuwe koeltorens moeten voor start-up worden gereinigd in verband met mogelijke aanwezigheid van residuen van de bouw (o.a. ingewaaid zand)	OSHA 1999 HAM 1988	
Het ingenomen water moet van goede (drinkwater)kwaliteit zijn wat betreft m.o. en nutriënten	HSC 2000	
er moet een water meter in de inlaat zitten om een proportionele dosering van chemicaliën te kunnen laten plaatsvinden	HSC 2000	
Het gebruikte water dient van drinkwater kwaliteit zijn	IEE 1998	
<b>Ontwerprichtlijnen</b>		
Aanbrengen van druppelvangers in bestaande koeltorens	MEYER 2000	
Zorg ervoor dat de installatie goed toegankelijk is	ASTM 1996	
De natte gedeeltes moeten eenvoudig toegankelijk zijn	HSC 2000	
Ontwerp installatie zodanig dat temperatuur goed kan worden gecontroleerd	ASTM 1996	
Zorg voor een uniforme luchtstroom door de installatie	ASTM 1996	
De ruimte boven de wateropvangbak moet gesloten zijn om mist verspreiding door de wind te voorkomen	HSC 2000	
De waterdistributie moet zodanig zijn dat er een minimale aërosolvorming optreedt	HSC 2000	
Er moeten geen dode leidingstukken in de installatie zitten	HSC 2000	
Het totale volume van het water circuit (incl. Buffers en leidingen) moet bekend zijn	HSC 2000	
Gebruik van aërosolvormende reinigingsmethodes zoals waterjets moet worden vermeden; als dat niet kan moet de installatie worden afgedekt en moet de reiniging worden uitgevoerd wanneer gebouwen in de nabijheid niet gebruikt worden, alle ramen en lucht inlaten gesloten zijn	HSC 2000	
Reserve pompen moeten regelmatig gebruikt worden door bijvoorbeeld in het ontwerp van de software de opstartvolgorde automatisch te veranderen.	GODFREY 2000	

De koeltoren behuizing mag niet de benodigde luchtstroom negatief beïnvloeden of resulteren in een recirculatie van gebruikte lucht	GODFREY 2000	
Filtratie en afscheiding kan nuttig zijn voor de verwijdering van niet opgeloste vast stof	GODFREY 2000	
De installaties moeten eenvoudig toegankelijk zijn voor inspectie monsternamen, reiniging en desinfectie	IEE 1998	
Het water distributiesysteem moet zo min mogelijk aerosolen vormen	IEE 1998	
Fysische systemen als filtratie, UV, ozon en dergelijke mogen gebruikt worden maar niet ter vervanging van schoonmaken, desinfecteren en het waterbehandelingsprogramma	IEE 1998	
Minimaliseer de aanwezigheid van biofilms door korte leidingen en weinig fittingen te gebruiken	FREIJE 1996	
Voorkom dat er lekkage van proceswater naar koelwater kan plaatsvinden	EC 2000	
Voorkom stagnante zones (dode hoeken en dode leidingen)	EC 2000 MEYER 2000	
Optimaliseer het ontwerp voor de juiste water- en lucht snelheden	EC 2000	
Bij het systeemontwerp moet een zo laag mogelijk temperatuur in het bassin worden nagestreefd. Deze temperatuur is afhankelijk van het koeltorenontwerp, de warmtevracht, de volumestroom en de droge en natte bol temperaturen in de specifieke situatie.	EC 2000 OSHA 1999 KUSNETSOV 1997	Een temperatuur onder 20 °C is de beste preventieve maatregel
Het totaal volume van het systeem moet in het ontwerp stadium vast worden gelegd	AWT 2000	In verband met vaststellen juiste dosering van chemicaliën
Probeer bij het ontwerp te kiezen voor drinkwater als voeding voor koelwater.	KUSNETSOV 1997	Verbeteren van de waterkwaliteit is een goede preventieve maatregel
Zorg voor goed werkende druppelvangers en mist verwijderaars.	AWT 2000	
Installeer goed werkende druppelvangers	ASTM 1996	
Koelsystemen moeten ontworpen zijn voor een minimale productie van aerosolen	IEE 1998	
De ruimte boven de wateropvangbak moet gesloten zijn om aerosolver spreiding door de wind te voorkomen	IEE 1998	
Ontwerp en gebruik de juiste demister	EHB 1994	

Gebruik goed gedimensioneerde demisters met een hoge efficiency	FREIJE 1996	
Gebruik druppelvangers die eenvoudig gereinigd en vervangen kunnen worden	EC 2000	
De vorming van een pluim zoveel mogelijk minimaliseren	EC 2000	
Druppelvangers met een hoge efficiëntie en van een goede kwaliteit zijn essentieel. Oude modellen koeltorens zijn vaak aan te passen met moderne druppelvangers.	OSHA 1999 HAM 1988 AWT 2000	
In geval van een automatische chemicaliën dosering moet er een systeem zijn om de dosering te kunnen controleren. Dit geldt voor zowel de hoeveelheid als de dosering frequentie	HSC 2000	
Alle doseringen worden bij voorkeur gedaan met pompen en geautomatiseerd	HSC 2000	
Doseringen worden gedaan aan de zuigkant van de circulatie pomp om een goede menging te waarborgen	HSC 2000	
Bij de doseringen moet rekening worden gehouden met bypass systemen	HSC 2000	
Automatisering van dosering en monitoring heeft de voorkeur	GODFREY 2000	
Een blokkering moet aanwezig zijn om te verhinderen dat er chemicaliën worden gedoseerd wanneer de overflow drain is geopend.	GODFREY 2000	
Er dient gebruik te worden gemaakt van een automatische waterbehandelingsinstallatie inclusief een doseerpomp en een chemicaliëndoseervat	IEE 1998	
Zorg dat de installatie volledig gedraind kan worden	ASTM 1996	
Breng een aflopende bodem aan met een waterflow groot genoeg om ook slurries mee te nemen	HSC 2000	
Breng een drain aan op het laagste punt	HSC 2000	
Er moet een drain zitten op het laagste punt van de opvangbak met de drain omlaaggericht zodat het hele systeem volledig gedraind kan worden	IEE 1998	
Gedraind water en condensaat dan wordt gedraind moet worden afgevoerd via U-bochten en een onderbroken leiding om te voorkomen dan er vervuild water via de drain wordt teruggenomen in de installatie	IEE 1998	
Installeer een drain met de juiste omvang op het laagste punt	EHB 1994	

Ontwerp het systeem zodanig dat het volledig gedraineerd kan worden of kan worden leeggepompt	AWT 2000	
Het ontwerp van een systeem met meerdere koeltorens zodanig uitvoeren dat elke afzonderlijke koeltoren met bijbehorend bassin kan worden geïsoleerd voor drainage, reiniging e.d.	AWT 2000	
De afvoer van water, afkomstig van koeltorens of verdampingscondensators moet zodanig plaatsvinden dat terugstroming naar andere installaties onmogelijk is	HAM 1988	
Gebruik voor grotere capaciteiten de vierkante koeltoren (cross-flow). Deze geeft minder aerosolen	EHB 1994	
Plaats de installatie zodanig dat wordt voorkomen dat uitredende pluim wordt ingenomen bij naburige gebouwen	ASTM 1996	
Bij plaatsing moet rekening worden gehouden met de meest voorkomende wind richting	ASHRAE 1998	
Plaats systeem niet in de nabijheid van luchtinlaten, ramen die open kunnen	ASHRAE 1998	
Plaats de installatie niet in de buurt van systemen die organisch materiaal in de lucht brengen zoals ventilators van keukens	ASHRAE 1998	
De koelinstallatie moet een dusdanig locatie hebben dat deze ver van ventilatie en airconditioning inlaatpunten, ramen en gebieden met veel mensen zit	HSC 2000	
Met de locatie moet rekening worden gehouden met de meest voorkomende wind richting	HSC 2000	
Legionellarisico kan worden verminderd door de volgende aspecten: Aandacht voor ontwerp en constructie Gebruik van de-misters Locatie van installatie ver weg van luchtinlaten, bevolking en keuken uitlaat systemen Goed onderhouden van de installatie Monitoring van water- en koeltorencondities	GODFREY 2000	
Luchtuitlaten van de koeltoren moet op afstand zijn van bevolkte gebieden, looppaden, luchtinlaten (ook lift ventilatie) deuren en ramen en verkeer	GODFREY 2000	
De installatie moet op afstand zijn van uitgangen van keuken ventilatie (lucht uitlaat keuken en lucht koeltoren moeten meer dan 8 meter van elkaar verwijderd zijn)	GODFREY 2000	



De installatie moet dusdanig geconstrueerd zijn dat direct zonlicht op de natte delen worden geminimaliseerd	GODFREY 2000	
De installatie moet op minstens vijf meter afstand staan van andere luchtbehandelingsystemen, luchtinlaten, open ramen, gebieden met mensen, wandelpaden, wegen, luchtuitlaten van keukens, andere systemen waar nutriënten bij vrijkomen welk de groei van <i>Legionella</i> kunnen bevorderen	IEE 1998	
Bij plaatsing van de installatie moet rekening worden gehouden met de voorkeurswindrichting en de invloed van andere gebouwen op windrichting. De installatie dient benedenwinds te worden geplaatst van de luchtinlaat van de gebouwen	IEE 1998	
Koeltorens kunnen een bron van infectie zijn als ramen, luchtinlaten, voetpaden in de buurt aanwezig zijn	EHB 1994	
Plaats de luchtinlaat minstens 10 meter boven de grond om invloed van verkeer te minimaliseren.	EHB 1994	
Plaats de luchtinlaat minstens 10 meter van andere luchtuitlaten	EHB 1994	
Plaats de installatie minstens 10 meter van open ramen, luchtinlaten en gebieden waar mensen zijn vanwege aërosolen met daarin bacteriën en chemicaliën	EHB 1994	
Plaats de installatie dusdanig dat deze eenvoudig is te inspecteren, schoon te maken en te steriliseren.	EHB 1994	
Houd keuken ventilatie, industrieën en andere bronnen van levende organismen zo ver mogelijk van de koeltoren	FREIJE 1996	
Plaats de installatie minstens 9 meter van open ramen, luchtinlaten en gebieden met mensen.	FREIJE 1996	
Bij het plaatsen van een koeltoren voorkomen dat de pluim de grond of bevolkte gebieden bereikt (een minimale afstand is niet te definiëren)	EC 2000	
Rekening houden met plaatsing van koeltorens t.o.v. bewoonde gebieden en luchtinlaten op basis van overheersende windrichting	MEYER 2000 DHMH 2000 CDC 1996 AWT 2000	advies voor ziekenhuizen: pluim weggeleiden van luchtinlaat
Rekening houden met plaatsing van koeltorens zodat op basis van overheersende windrichting geen bronnen van voedingsstoffen de bacteriologische groei in de koeltoren kunnen bevorderen.	AWT 2000	
Maak gebruik van duurzame, biocide resistent materialen voor de natte oppervlakken.	ASTM 1996	

De installatie moet gemaakt zijn van materiaal dat goed te desinfecteren is en dat een slechte drager is voor biofilms	HSC 2000	
Materiaalkeuzes moeten gericht zijn op weinig corrosie- en scalinggevoeligheid. Corrosie en scaling moet worden verminderd door bescherming en dosering van inhibitors en biocides	HSC 2000	
Koeltoren construeren van corrosie resistent materiaal, goed schoon te maken, goed te drainen en te vullen, pakkingmateriaal moet in situ schoon te maken zijn zonder beschadigingen. Verwijderbare gedeeltes moeten goed hanteerbaar zijn. Alle interne hoeken moeten goed reinigbaar zijn. Alle water buffers moeten waterdicht zijn en aflopende bodems hebben met een drain diameter van minstens 50 mm. Demisters moeten eenvoudig te inspecteren, schoon te maken en te onderhouden zijn. Ze moeten in situ reinigbaar zijn (of verwijderbaar zonder beschadigingen), bypassen van de demister moet niet mogelijk zijn	GODFREY 2000	
Pomppakking (waterpakking) en pomphuis moeten drains hebben	GODFREY 2000	
Koeltorens moeten simpel en praktisch zijn, dode einden, lussen en hoeken moeten zoveel als mogelijk worden vermeden	IEE 1998	
Het gebruikte materiaal moet niet-corrosief zijn, resistent tegen chemicaliën (bijvoorbeeld GVK, RVS) glad, niet poreus, niet zonlicht doorlatend en snel te desinfecteren. Het materiaal moet de groei van biofilms niet bevorderen	IEE 1998	
Gebruik het juiste materiaal (glad en goed reinigbaar) en geen hout, bepaalde type rubbers, en kit.	EHB 1994	
Gebruik gladde, niet poreuze constructie materialen	AWT 2000	
Ontwerp installatie zodanig dat zich geen organisch materiaal kan ophopen	ASTM 1996	
Ontwerp de installatie dusdanig dat deze makkelijk kan worden schoongemaakt en pakkingmateriaal kan worden verwijderd en verwisseld.	EHB 1994	
Voordat een systeem wordt aangeschaft moet het zeker zijn dat de hele opvangbak en ander componenten goed schoon zijn te maken.	FREIJE 1996	

Geef het systeem een goede toegankelijkheid in verband met reiniging en vervanging van onderdelen	EC 2000 OSHA 1999 AWT 2000	BAT-document
Formuleer doelgerichte desinfectie en reinigingsprocedures al tijdens het ontwerpstadium	MEYER 2000	
Verhinder zonlicht op de natte oppervlakken om algengroei te verminderen	ASTM 1996	
Geen zonlicht op de natte gedeeltes	HSC 2000	
Bescherm de waterbak en ander natte oppervlakken tegen zonlicht	FREIJE 1996	
Voorkom algengroei in de koeltoren door intreding van licht in de koeltoren te beperken (geen open bassins)	EC 2000 AWT 2000	BAT-document
Controleer de vloer van koeltoren, de vulling van de koeltoren en de druppelvangsters op biofouling. Pas microscopisch onderzoek toe ter bevestiging voor aanwezigheid van biologisch materiaal en met name amoeben en protozoa.	CTI 2000	Hoge gehalten protozoa en amoeben verhogen de kans op groei van <i>L.</i>
<b>Onderhoudsrichtlijnen</b>		
Het onderhoud programma moet onder meer gericht zijn op het voorkomen van groei van <i>Legionella</i> en op het meer effectief laten werken van de waterbehandeling chemicaliën	IEE 1998	
Routine desinfectie en reiniging moet gebeuren indien noodzakelijk en in ieder geval elke zes maanden	IEE 1998	
Reiniging en desinfectie moeten worden uitgevoerd wanneer: Er vervuiling in het koelsysteem zit door constructie werkzaamheden Er een stop is geweest van meer dan een maand, of meer dan vijf dagen ingeval van een ziekenhuis Er mechanisch aanpassingen aan de installatie hebben plaatsgevonden die vervuiling kunnen hebben geïntroduceerd Op routine basis wanneer de omgeving stoffig is of wanneer het water niet aan de kwaliteit voldoet Wanneer nabij gelegen koeltorens besmet zijn met <i>Legionella</i>	IEE 1998	
Onderhoud uitvoeren volgens richtlijnen van de leverancier	DHMH 2000 CDC 1996	toegespitst op koeltorens op ziekenhuizen
Verwijderen van sediment en biofilms tijdens onderhoud.	MEYER 2000	

Logboek bijhouden voor alle uitgevoerde onderhoudswerkzaamheden inclusief uitgevoerde desinfecties.	MEYER 2000 DHMH 2000 CDC 1996	
Het verdient voorkeur koeltorens die in een cluster staan gelijktijdig te reinigen en te desinfecteren.	KUSNETSOV 1997	Voorkomt snelle herbesmetting van koeltorens na reiniging.
Doseer anti scalants en corrosie inhibitoren zoals aanbevolen	CTI 2000	
Voorkom scaling en corrosie	EC 2000	
Speciale zorg vereisen proces stops en start-ups met name als de koeltoren meer dan 4 dagen buiten gebruik is geweest	EC 2000	
Koeltorens dienen ten minste twee keer per jaar te worden gereinigd en gedesinfecteerd. Bij koeltorens die periodiek opereren dienen deze momenten samen te vallen met de start-up in het voorjaar en de shut-down in de herfst.	OSHA 1999 HAM 1988	
Visuele inspectie en periodiek onderhoud vormen de beste methode om de groei van <i>Legionella</i> in een systeem te beheersen.	OSHA 1999 CTI 2000	
Bypasses en niet-continu gebruikte recirculatiepompen waarin het water stilstaat zullen regelmatig worden schoongemaakt en gedesinfecteerd of in gebruik worden genomen	IEE 1998	
Druppelvangers verdienen extra aandacht en dienen regelmatig geïnspecteerd te worden op biofilm, corrosie, scaling en ander neerslagen en beschadigingen	HSC 2000	
Meet instrumenten moeten regelmatig gekalibreerd worden	HSC 2000	
Visuele waarnemingen zijn niet betrouwbaar: chemicaliën kunnen water troebel maken; helder water kan toch veel bacteriën bevatten	HSC 2000	
Installaties moeten minstens eens per maand geïnspecteerd worden en schoongemaakt indien nodig inclusief een mechanische reiniging van de koeltoren	GODFREY 2000	
De installaties moeten minstens elke maand gecontroleerd worden op een goede werking	VICT.GOV. 2001	
Controleer regelmatig de effectiviteit van de waterbehandeling door middel van kiementelling voor en na dosering	EHB 1994	
De koeltorens dienen wekelijks visueel te worden geïnspecteerd op vuil, organisch vervuiling en fysische gebreken	IEE 1998	

Activeer alle kleppen in de installatie regelmatig door ze volledig te laten openen en sluiten	AWT 2000	
Controleer de installatie regelmatig op lekken, corrosie, verstoppingen, schade en goede werking van pompen, motors en ventilatoren. Voor een ziekenhuis moet dit wekelijks gebeuren.	FREIJE 1996	
Spoel het hele systeem minstens een maal per jaar door (liefst twee maal). Geef de installatie vooraf en erna een desinfectie met een oxiderend middel	AWT 2000	
Maak de installatie regelmatig schoon, zowel chemisch als mechanisch	ASTM 1996	
Minstens 1 maal per jaar al het pakkingmateriaal verwijderen en schoonmaken, bij voorkeur elke zes maanden.	HSC 2000	
Voer elk jaar een chemisch reiniging uit, inspecteer en reinig de installatie mechanisch regelmatig (elke maand)	EHB 1994	
Minimale onderhouds richtlijnen: Minstens eens per maand inspectie Regelmatige waterbehandeling Minstens eens per maand een bacteriologische test van het water Elke 3-6 maanden volledige reiniging en desinfectie van de installatie	DHS 2000	

## IV Overzicht ontwerprichtlijnen en beheersmaatregelen Luchtbehandeling

	Referentie	opmerking
<b>Beheersmaatregelen</b>		
Reinigen van het voorraadvat voor water ten behoeve van de luchtbevochtiging na stopzetten van de apparatuur. Vat droog bewaren tot inbedrijfstelling.	VINCENT-HOUDEK 1993	
Houd rekening met mogelijk lekkage van indirecte verdampingskoelers ingezet voor luchtkoeling waardoor aërosolen ongewild in het luchtzijdige deel van de installatie terechtkomen	OSHA 1999	
Houd een logboek bij van inspectie, onderhoud, schoonmaak acties en testen	ASTM 1996	
Lucht in- en uitlaten dienen minstens maandelijks te worden geïnspecteerd en schoongemaakt. Dit geldt ook voor: lucht filters, strainers, kleppen, sproeipijpen, nozzles	GODFREY 2000	
Overweeg het gebruik van fotochemische ozongeneratoren (Photozone) om de bacteriologische groei in het recirculatiewatersysteem te beheersen.	ASHRAE 2000	
Het volledige watercircuit maandelijks reinigen en spoelen.	ASHRAE 2000	
Water filters en luchtfilters volgens voorschrift onderhouden.	ASHRAE 2000	
Controleer in systemen met recirculatie regelmatig of de spuisnelheid (en verversingssnelheid) adequaat is (waterkwaliteit) en constant blijft (geen verloop)	ASHRAE 2000	
Gebruik in systemen met recirculatie van water biociden die zijn goedgekeurd voor toepassing in luchtbevochtigingsapparatuur.	ASHRAE 2000	
Gebruik alleen kiemvrij water voor het vullen van reservoirs voor verneveling	CDC 1996	
<b>Ontwerprichtlijnen</b>		
Vermijd dode leiding stukken, laagliggende delen en andere plaatsen in de installatie waardoor stagnatie van water kan optreden.	ASHRAE 2000	

Zorg voor een automatische drainage van het systeem op het moment dat de ventilator van de luchtbehandeling stopt.	ASHRAE 2000	
Zorg er voor dat bij het uitschakelen van bevoeiings en besproeiingsbevochtigers met een vullichaam de pompen eerder worden uitgeschakeld dan de ventilator zodat het systeem kan opdrogen.	ASHRAE 2000	
Zorg ervoor dat de verse lucht voldoende hoog van de grond wordt ingenomen	ASTM 1996	
Gebruik geen bevochtigers die aërosolen vormen zoals vernevelaars, ultrasonoor en roterende schijf.	DHMH 2000	richtlijn voor ziekenhuizen
Zorg er voor dat er geen concentratie optreedt van vuil. In de drain leiding moet een open leidingstuk zitten om te voorkomen dat vervuild water in het systeem wordt teruggetrokken.	FREIJE 1996	
Houd de opvangbak voor condenswater goed gedraind en schoon. Reinig ze minstens 2 maal per jaar.	FREIJE 1996	
Zorg ervoor dat de verse lucht vrij is van bacteriën (bijvoorbeeld afkomstig uit koeltorens en stofbronnen)	ASTM 1996	
Gebruik stoombevochtiging of vernevelaars waarbij geen water wordt gerecirculeerd. Gebruik zuiver water voor stoombereiding en verneveling.	OSHA 1999	
Gebruik luchtbevochtigers die gebruik maken van waterdamp of stoom in plaats van waterdruppels	ASTM 1996	
Houdt rekening met inname van aërosolen uit andere bronnen via de luchtinlaat op basis van: <ul style="list-style-type: none"> <li>• overheersende windrichting en snelheid</li> <li>• gebouwspecifieke effecten (bijv. Lage druk zones aan lijzijde van het gebouw)</li> <li>• afstand koeltoren – luchtinname</li> </ul>	OSHA 1999	
Houdt rekening met het feit dat luchtinlaten op geringe hoogte organisch materiaal, zand maar ook regenwater en irrigatiewater kunnen invangen	OSHA 1999	
Lucht in en uitlaten zodanig geconstrueerd dat er geen regenwater inkomt of dat inkomend regenwater wordt weggeleid.	GODFREY 2000	
Voorkom het gebruik van water reservoirs met recirculatie	OSHA 1999	
Lucht in- en uitlaten zodanig geconstrueerd dat er geen vogels, ongedierte en ander materiaal zoals papier en bladeren in kunnen komen	GODFREY 2000	

Voorzie waterreservoirs van een automatische drainagemogelijkheid, zodat het reservoir wordt geleegd als het systeem buiten gebruik wordt gesteld	OSHA 1999	
Luchtuitlaat moet niet in de buurt zijn van eigen of andere luchtinlaatsystemen, koetorens, ramen, deuren. Er dient hierbij rekening te worden gehouden met de meest voorkomende windrichting	GODFREY 2000	
Ontwerp reservoirs zodanig dat ze volledig leeglopen.	OSHA 1999	
Luchtbevochtiging installaties: Stoom: geen kans op groei van <i>Legionella</i> Ultrasonoor, sproei, verdamping: groei van <i>Legionella</i> mogelijk. Deze moeten regelmatig worden gecontroleerd en schoongemaakt. Wanneer ze niet gebruikt worden moeten ze worden gedraaid.	EHB 1994	
Maak gebruik van luchtfilters. Bij gebruik juiste filters kan een vangstpercentage van 100 % voor <i>L.</i> worden benaderd.	HAM 1988	nadeel zijn hoge luchtweerstand en kosten van de filters.
Gebruik kraanwater met een drain voor luchtbevochtigers in plaats van gebruik te maken van recirculatie van water. Gebruik bij voorkeur stoom luchtbevochtigers	FREIJE 1996	





# V Enquête

## koeltorens / luchtbehandelingsinstallaties

Verzendlijst enquête

### Industrie:

<i>Branche</i>	<i>Aantal aangeschreven bedrijven</i>	<i>Bezochte bedrijven</i>
Zuivelindustrie	3	1
Levensmiddelenbedrijven	3	
Tabaksindustrie	1	
Drukkerijen	1	
Chemie	3	
Machinebouw	2	1
Metaalindustrie	1	

### Overige bedrijven

<i>Branche</i>	<i>Aantal aangeschreven bedrijven</i>	<i>Bezochte bedrijven</i>
Ziekenhuizen	3	
Instellingen geestelijke gezondheidszorg	2	
Kantoor/winkel	3	1

# Verwerking enquêteresultaten

## **Inleiding**

Als onderdeel van fase 2 van het onderzoek is een enquête opgesteld en toegezonden aan 25 bedrijven met koeltorensystemen en/of luchtbehandelings-apparatuur.

## **Doel van de enquête**

Deze enquête heeft tot doel praktische informatie te verzamelen over de wijze van toepassing van installaties in praktijkomstandigheden (bijvoorbeeld verschillen per bedrijfstak). Dit is van belang omdat kans op vermeerdering van *Legionella* naast het type systeem of installatie ook wordt bepaald door locatiespecifieke omstandigheden.

Bij dit laatste kan worden gedacht aan:

- de oorsprong van het voedingwater of koelwater;
- omgevingsfactoren;
- bedrijfsvoering en onderhoud.

Verder dient deze enquête om inzicht te verkrijgen in de wijze waarop door “koplopers” onder de bedrijven momenteel aandacht wordt besteed aan de legionellaproblematiek en de mate waarin dit gebeurt.

## **Selectie van bedrijven**

Een selectie is gemaakt van 25 bedrijven en instellingen.

Hierbij is per “bedrijfstak” een aantal bedrijven geselecteerd, waarvan bekend was dat koeltorens of luchtbevochtigingsinstallaties aanwezig waren. Bovendien was van een aantal van deze bedrijven bekend dat hier “meer dan normale aandacht” aan de bedrijfsvoering wordt besteed, of dat sprake was van een bijzondere situatie bijvoorbeeld gebruik van bijzondere apparatuur of bijzonder suppletiewater.

Er zijn twee verschillende enquêteformulieren verstuurd. Een formulier had betrekking op koeltorens, het andere op luchtbevochtigingsinstallaties.

De volgende bedrijven en instellingen zijn geselecteerd:

<b>Zuivel</b>	<b>Koeltoren</b>	<b>Luchtbehandeling</b>
Bedrijf 1	<b>x</b>	
Bedrijf 2	x	
Bedrijf 3	x	
<b>Overige levensmiddelen</b>		
Bedrijf 4	<b>x</b>	
Bedrijf 5	x	
Bedrijf 6	<b>x</b>	
<b>Tabak</b>		
Bedrijf 7		<b>x</b>
<b>Drukkerij</b>		
Bedrijf 8		<b>x</b>
<b>Chemie</b>		
Bedrijf 9	x	
Bedrijf 10	x	
Bedrijf 11	x	
<b>Metaal</b>		
Bedrijf 12	x	
<b>Machinebouw</b>		
Bedrijf 13	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Kantoren</b>		
Bedrijf 14	<b>x</b>	<b>x</b>
Bedrijf 15		x
Bedrijf 16		x
Bedrijf 17		<b>x</b>
<b>Winkels</b>		
Bedrijf 18		x
<b>Computercentrale</b>		
Bedrijf 19	<b>x</b>	
Bedrijf 20	x	
<b>Ziekenhuizen</b>		
Bedrijf 21	<b>x</b>	<b>x</b>
Bedrijf 22	<b>x</b>	<b>x</b>
Bedrijf 23	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Instellingen</b>		
Bedrijf 24		<b>x</b>
Bedrijf 25		x

Het merendeel van de bedrijven is voorafgaand aan het versturen van de enquête(s) telefonisch benaderd en zegden hierbij hun medewerking toe.

### Respons

In totaal zijn 17 enquêtes over koeltorens verstuurd.

Hiervan is in 9 gevallen antwoord ontvangen (vet weergegeven in bovenstaande tabel).

In totaal zijn 13 enquêtes over luchtbevochtigingsinstallaties verstuurd.

Hiervan is in 9 gevallen antwoord ontvangen (vet weergegeven in bovenstaande tabel).

### Uitwerking respons enquête koeltorens

#### Onderscheid naar type

Type koeltoren	Aantal respondenten
Koeltoren met inwendige warmtewisselaar	1
Koeltoren met vullichamen	6

#### Soorten suppletiewater

Soort suppletiewater	Aantal respondenten
Oppervlaktewater	0
Leidingwater	6
grondwater	2
effluent	1
proceswater	1

#### Waterbehandeling suppletiewater

Type waterbehandeling	Aantal respondenten
mechanische filtratie	1
mediafiltratie	1
ontharding	2
demineralisatie	1
UV/Ozon	3
Chloor	1

#### Waterbehandeling recirculerend water

Type waterbehandeling	Aantal respondenten
Mediafiltratie	1
FAK apparatuur	1
Borstel/balletjesreiniging	1
UV/Ozon	3
Dosering van chemicaliën	3

**Frequentie van controles door eigen dienst**

<b>Periode</b>	<b>Aantal respondenten</b>
dagelijks	1
wekelijks	3
maandelijks	1
jaarlijks	1

**Frequentie van controles door externe dienst**

<b>Periode</b>	<b>Aantal respondenten</b>
dagelijks	0
wekelijks	0
maandelijks	0
3 maandelijks	1
halfjaarlijks	1
jaarlijks	2

**Bedrijfsperiode**

<b>Periode</b>	<b>Aantal respondenten</b>
warme seizoen	2
gehele jaar	5

**Frequentie van reiniging**

<b>Periode</b>	<b>Aantal respondenten</b>
eens per half jaar	2
eens per jaar	4
alleen indien uit metingen blijkt dat dit nodig is	1

**Resultaten van microbiologische metingen**

<b>Gemiddeld aantal kolonievormende eenheden/ml</b>	<b>Aantal respondenten</b>
<1.000	2
1.000-10.000	1
10.000-100.000	0
>100.000	0

**Resultaten van Legionellametingen**

<b>Gemiddeld aantal kolonievormende eenheden/l</b>	<b>Aantal respondenten</b>
<100	1
100-1.000	0
1.000-10.000	0
10.000-100.000	0
>100.000	1

### **Verdere evaluatie**

Ondanks telefonische toezegging is een relatief groot aantal formulieren niet geretourneerd. 55 % van de formulieren is geretourneerd. Dit is met name het geval bij formulieren die gestuurd zijn naar grote industriële productiebedrijven. Bewust is er voor gekozen om de enquête te versturen naar “koplopers” binnen de bedrijven.

Dit betekent dat de bedrijven die geen koelwaterbehandeling of bedrijven die een “traditionele” koelwaterbehandeling uitvoeren duidelijk ondervertegenwoordigd zullen zijn. Onder een traditionele koelwaterbehandeling wordt hier verstaan (indien nodig) een behandeling met hardheidsstabilisator en corrosie-inhibitor in combinatie met een (periodieke) dosering van een biocide.

Het blijkt dat een relatief groot aantal respondenten gebruik maakt van desinfectie met ozon. Dit is zeker niet representatief voor de situatie binnen Nederland. Traditioneel wordt veelal gebruik gemaakt van desinfectie met chloor, soms ook van niet oxiderende biociden zoals isothiazoline.

Uit de resultaten blijkt wel dat de respondenten die ozon gebruiken in het koeltoerensysteem een laag koloniegetal in het koelwater kunnen handhaven.

Opvallend is dat relatief weinig bedrijven gegevens hebben over het optredende koloniegetal in het koelwater of over gegevens beschikken met betrekking tot legionella-aantallen.

Een aantal bedrijven geeft op basis van de ingevulde enquête blijk van een grote aandacht voor de legionellaproblematiek in hun systemen.

Het betreft hier:

- machinefabriek;
- kantoorgebouw;
- ziekenhuis.

Met name de eigenaar van het kantoorgebouw heeft een uitgewerkt beheersplan voor omgang met de koeltoerens en heeft dit ook meegestuurd als bijlage bij de enquête.

### **Uitwerking respons enquête luchtbevochtigingsinstallaties**

#### **Onderscheid naar type**

<b>Type luchtbevochtigingsinstallatie</b>	<b>Aantal respondenten</b>
Stoombevochtiger	5
Sproei-bevochtiging	3
Pakketbevochtiging	2
Verstuivingsbevochtiging	2
Roterende schijf	0
Ultrasonoorbevochtiging	2

**Frequentie van controles door eigen dienst**

<b>Periode</b>	<b>Aantal respondenten</b>
dagelijks	1
wekelijks	1
maandelijks	1
jaarlijks	0
nooit	6

**Frequentie van controles door externe dienst**

<b>Periode</b>	<b>Aantal respondenten</b>
dagelijks	0
wekelijks	1
3 maandelijks	1
jaarlijks	2
nooit	5

**Frequentie van reiniging**

<b>Periode</b>	<b>Aantal respondenten</b>
meer dan twee maal per jaar	2
eens per half jaar	3
eens per jaar	1
alleen indien uit metingen blijkt dat dit nodig is	0

**Resultaten van microbiologische metingen**

<b>Gemiddeld aantal kolonievormende eenheden/ml</b>	<b>Aantal respondenten</b>
<1.000	2
1.000-10.000	
10.000-100.000	
>100.000	

**Resultaten van Legionellametingen**

<b>Gemiddeld aantal kolonievormende eenheden/l</b>	<b>Aantal respondenten</b>
<100	2
100-1.000	0
1.000-10.000	0
10.000-100.000	0
>100.000	0

**Verdere evaluatie**

70% van de toegestuurde formulieren is teruggestuurd.



Het blijkt dat een tweetal respondenten uitsluitend gebruik maakt van bevochtiging door middel van stoombevochtigers. Hierbij wordt geen controle van de waterbehandeling uitgevoerd. Ook worden hierbij geen microbiologische controles uitgevoerd en vindt geen reiniging plaats.

Voor het overige is er slechts zeer beperkt sprake van het gebruiken van chemicaliën (ook bij schoonmaak). In één geval wordt melding gemaakt van het doseren van chemicaliën (waterstofperoxide). Wel is er in algemene zin aandacht voor schoonmaken van de installaties, hetgeen blijkt uit de genoemde frequenties van schoonmaak.

Opvallend is dat relatief weinig bedrijven gegevens hebben over het optredende koloniegetal in het water of de lucht of over gegevens beschikken met betrekking tot legionella-aantallen.

Mede op grond van het feit dat blijkt is gegeven van een bijzondere aandacht voor de legionellaproblematiek in luchtbehandelingssystemen is besloten de volgende bedrijven te bezoeken.

Het betreft hier toevalligerwijs bedrijven die bij de evaluatie van de enquête koeltorens al genoemd zijn.

#### **Bedrijfsbezoeken**

Op basis van de ingevulde enquêtes is een bezoek gebracht aan de volgende bedrijven:

- een machinefabriek;
- een kantoorgebouw;
- een zuivelbedrijf

In de volgende paragrafen een korte en kernachtige weergave van de bezoeken.

#### **Case machinefabriek Venlo**

Tijdens een bezoek aan de machinefabriek in Venlo is vastgesteld dat de legionellaproblematiek binnen het bedrijf al lang aandacht krijgt. Deze aandacht richt zich op alle activiteiten waarbij water in aërosolen kan vrijkomen (leidingwater, luchtbevochtiging, koeltorens).

Het bedrijf heeft goede ervaring met het doseren van ozon aan koelwater. Het betreft onder andere een (kruisstroom)koeltoren aangesloten op de condensor van een koelmachine die zorgt voor topkoeling van de luchtbehandeling in de gebouwen (comfortkoeling). De koeltoren komt alleen in bedrijf als de buitentemperatuur boven de 13 °C uitkomt. Gedurende 8 uur per dag wordt van het koelwatercircuit via een pomp een deelstroom afgetakt waaraan via een venturi-constructie ozon wordt toegevoerd. Dit water wordt vervolgens rechtstreeks teruggevoerd naar het

bassin onder koeltoren. Hier wordt het geozoniseerde water verdeeld over de lengte van het bassin. Ook als de koeltoren buiten gebruik is gaat de recirculatie van geozoniseerd water over het bassin door. Er is gekozen voor een kleine ozoninstallatie die een vaste hoeveelheid ozon produceert (geen sturing).

Voor suppletie wordt gebruik gemaakt van een eigen bron. Het grondwater, dat overigens niet wordt voorbehandeld, wordt rechtstreeks gesuppleerd in het bassin (via een vlottermechanisme). Per seizoen wordt ongeveer 1200 m<sup>3</sup> grondwater gesuppleerd.

De dosering van ozon heeft geresulteerd in het verdwijnen van algengroei in de koeltoren. Niet alleen is het koelwater helder geworden, ook de algengroei op de pakketten is verdwenen. Voorheen werd het koelwater op geen enkele wijze behandeld.

Metingen verricht aan het systeem tonen aan dat *Legionella* niet meer kan worden aangetoond en dat het koloniegetal (voor koeltorens) erg laag is (3.400 tot 112.000 kve/l). Het onderhoud aan het systeem blijft nu beperkt tot het eens per jaar zuren van de gehele installatie (pakketten en bassin). De bemonsteringsfrequentie is nog niet vastgesteld maar komt waarschijnlijk uit op eens per seizoen.

Ten aanzien van luchtbevochtiging heeft men het beleid dat luchtbevochtiging alleen wordt toegepast op plaatsen waar dat absoluut noodzakelijk is (productielocaties). Is bevochtiging noodzakelijk dan kiest men in nieuwe situaties voor stoombevochtiging.

Bij een bestaande open sproei-bevochtiger (zonder pakket) op een productielocatie wordt, via een zelfde constructie als bij de koeltoren, een deelstroom behandeld met ozon. De deelstroom wordt direct na de behandeling met ozon teruggeleid naar het bassin onder de sproeiers. De recirculatie met ozon komt alleen in de nachtelijke uren bij. Verdampingsverliezen van het systeem worden via een vlottersysteem in het bassin aangevuld met onbehandeld grondwater uit de eigen bron. Eens per maand wordt de inhoud van het systeem gespuid en ververs.

Bij een andere luchtbevochtiging wordt onthard en gedemineraliseerd water ultrasonoor verneveld. Na de voorbehandeling heeft men in dit geval een kleine UV-lamp aangebracht. Het systeem lijkt gevoelig voor groei van *Legionella* door het gebruik van vaste ionenwisselaars die periodiek worden geregenereerd en PVC-leidingen in een relatief warme ruimte. Bij bemonstering heeft men echter geen *Legionella* aangetroffen, wel bleek het koloniegetal hoog.

#### **Case kantoorgebouw**

Op het dak van het kantoor in het centrum van Rotterdam staat een koeltorensysteem bestaande uit een tweetal identieke koeltorens. De koeltorens zijn bestemd voor koeling ten behoeve van het klimaatsysteem in het gebouw. De

koeltorens zijn alleen in gebruik als de buitentemperatuur boven 13 °C komt. De koeltorens zijn open recirculerende systemen voorzien van pakketten. Er zijn geen druppelvangers boven het koelpakket geplaatst. Het leidingsysteem ten behoeve van transport van het afgekoelde water is van kunststof en vrij uitgestrekt. Hierin bevinden zich dode hoeken. Het systeem wordt gesuppleerd met leidingwater. De spui vindt automatisch plaats op basis van geleidbaarheid. In het verleden vond geen waterbehandeling plaats. Op vrij korte afstand bevindt zich de inlaat van het luchtbehandelingssysteem.

Periodiek worden legionella-analyses verricht. In het voorjaar van 1999 werd een gehalte van circa 30.000 kve/l gemeten. De dag voor een evenement, waarbij een optocht langs het kantoorgebouw trekt, werd een gehalte van > 1.000.000 kve/l gemeten. Dit was aanleiding voor de beheerder om de koeltorens onmiddellijk te desinfecteren. Uitzetten was gezien de functie van het gebouw en de warme periode geen optie.

De desinfectie is per koeltoren uitgevoerd door handmatige toevoeging van chloor (natriumhypochloriet) en zoutzuur aan het te koelen water via de bovenzijde van de koeltoren. Uitgangspunt was een vrij chloorgehalte van 5 mg/l, een pH-waarde van 7-8 en een behandelingsduur van circa 8 uur. Om het gewenste chloorgehalte te handhaven was het noodzakelijk om vrij frequent een kleine hoeveelheid natriumhypochloriet toe te voegen. Belangrijk aandachtspunt bij de desinfectie was de mogelijke emissie van chloorgas naar de omgeving in verband met de nabijheid van zowel de inlaat van de luchtbehandeling als de directe omgeving.

Na deze desinfectie is men overgegaan op een periodieke behandeling van het koelwater, bestaande uit tweemaal daags het handmatig toevoegen van een kleine hoeveelheid natriumhypochloriet en zoutzuur. Tevens dagelijkse controle van het vrij chloorgehalte en de pH-waarde.

Als gevolg van het gebruik van chloor en zoutzuur steeg het waterverbruik (verhoogde geleidbaarheid door toevoegingen). Tevens vond aantasting van het materiaal van de koeltorens plaats, hetgeen mogelijk een gevolg was van de chemicaliëndoseringen. Verschillende oppervlakken in de koeltoren werden na verloop van tijd glimmend blank.

Omdat men de handmatige toevoeging van zowel chloor als zoutzuur bezwaarlijk vond (Arbo) heeft men sinds begin dit jaar een waterbehandeling geïnstalleerd, bestaande uit een FAK-apparaat en een UV-desinfectie op een deelstroom uit de waterbak. De chlorering en pH correctie worden geminimaliseerd tot een incidentele onderhoudsdesinfectie. Met behulp van maandelijkse legionella-analyses volgt men de effectiviteit van de huidige waterbehandeling. De eerste legionellabepaling was

negatief, in week 12 van 2001 is een tweede bemonstering uitgevoerd waarvan de uitslag nog niet bekend is.

### **Case zuivelfabriek**

Het bedrijf bezit een aantal koeltorensystemen. Op deze systemen wordt reeds een groot aantal jaren waterbehandeling toegepast. Tijdens het bezoek is vastgesteld dat de legionellaproblematiek binnen het bedrijf aandacht krijgt. Momenteel wordt een risico-inventarisatie uitgevoerd.

Er zijn een tweetal verschillende soorten koelsystemen aanwezig. Deze case wordt beperkt tot de koeltorens behorende bij de roomautoclaven. Dit koelsysteem, bestaande uit 3 kleine koeltorens, bevindt zich op het dak boven de ruimte waarin de autoclaven staan opgesteld. Verneveling van gevormde waterdruppels naar de atmosfeer kan plaatsvinden. De locatie bevindt zich binnen 100 meter van een woonwijk.

De installatie is vrijwel continu in bedrijf, behalve op zondag. Het systeem wordt gevoed met een mengsel van koud leidingwater en 2<sup>e</sup> brüdencondensaat. Dit laatste is een watersoort die afkomstig is van de ingedamppte melk. Het water wordt gebruikt ter afkoeling van de geautoclaveerde goederen en vervolgens in de warmwatertank opgevangen. Het water wordt over de koeltorens gecirculeerd en uiteindelijk in de koudwatertank opgevangen. Hierna wordt dit water weer ter koeling van de autoclaven gebruikt.

Aan het water wordt een desinfectiemiddel (chloorbleekloog) en hardheidsstabilisator / corrosie-inhibitor toegevoegd. Chloor wordt op basis van een automatisch gemeten waarde naar behoefte gedoseerd. Het concentratieniveau van de hardheidsstabilisator / corrosie-inhibitor wordt constant gehouden met gebruikmaking van zogenoemde tracertechnologie. Hierbij wordt on-line de concentratie van een aan het gedoseerde middel toegevoegde tracer gemeten en op basis van de meetwaarde zo nodig bijgesteld.

Gespuid wordt op basis van het gehalte aan opgeloste zouten (gemeten als geleidbaarheid) met behulp van een automatische spuiregeling.

Een belangrijke doelstelling van de betreffende waterbehandeling is het schoonhouden van de autoclaven en het niet verontreinigd raken (kans op corrosie) van de geautoclaveerde producten (aluminium blikken). Daarbij is verder in het verleden gebleken dat het systeem gevoelig is voor groei van micro-organismen, hetgeen te maken heeft met de kwaliteit van het suppletiewater (kan veel organische stof bevatten). De temperatuur van het water is in het algemeen hoger dan 25 °C.

Dagelijks vindt een controle plaats van het vrij chloorgehalte, de pH-waarde van het water en wordt de aanwijzing van het tracersysteem gecontroleerd. Eens per drie maanden vindt controle plaats van de algemene toestand van het systeem en de waterbehandeling. Eens per jaar wordt het systeem gereinigd door een reinigingsbedrijf.

Regelmatig vindt controle plaats op de microbiologische kwaliteit van het water (koloniegetal). Dit bevindt zich over het algemeen tussen 1.000 en 10.000 kve/ml. Er zijn geen recente resultaten van legionellametingen.